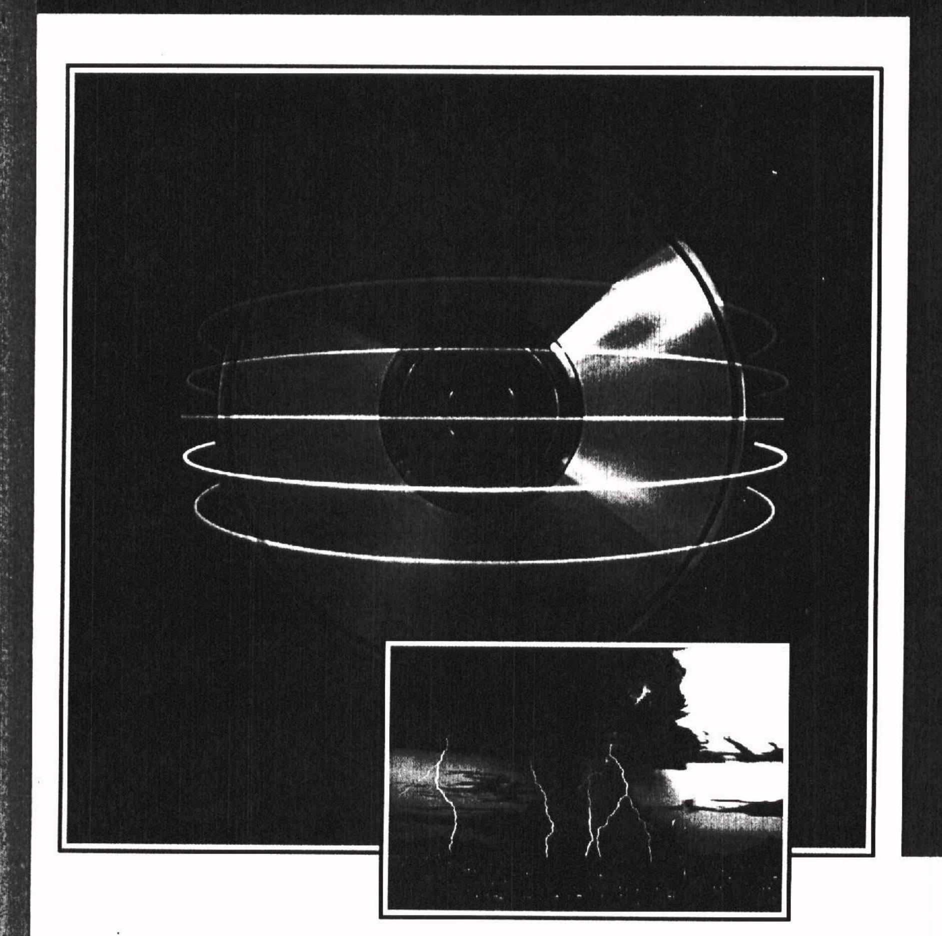
استخدام الصوت

سلسلة ألفا العلمية



سالي وأدويان مورجان

مكتبة العبيكان



تأليف

سالي وأدريان مورغان

تعريب

د. بشير العيسوي

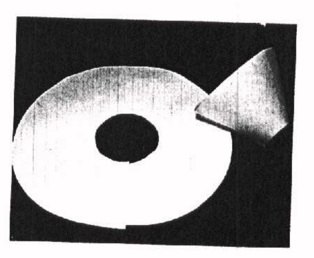
مكتبة العبيكان



المحتويات



الموضوع	الصفحة
المقدمة	٤
ما هو الصوت؟	٤
الموجات الصوتية	٦
نظرية دوبلر	٨
انعكاس الصوت	٨
الرنين	٩
تجميع الموجات الصوتية	١٢
الأذن	١٢
مدى السمع	١٥
مكبرات الصوت	١٥
الهواتف	١٦
إحداث الأصوات	١٨
التواصل بين الحيوانات	١٨
أصوات الطيور	١٩
الانغماس في الصوت	٢١
الآلات الموسيقية	٢٣
الآلات الوترية	٢٤
آلات النفخ	٢٦
الطبول	٢٧
أسلحة الصوت	٢٧
تضخيم، الصوت وعزله	٢٨
تكبير الصوت	٢٨
علم الصوت	٣٠
الضوضاء	٣١
عزل الصوت	٣٢
تسجيل الصوت واستعادته	٣٤
التسجيل القياسي	٣٤
التسجيل الرقمي	٣٥
الموجات فوق الصوتية والموجات تحت الصوتية	٣٦
مكان صدى الصوت	٣٦
السونار	٣٨
الموجات فوق الصوتية والطب	٤٠
الموجات تحت الصوتية	٤١
المستقبل	٤٢
المسرد	٤٤



فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

مورغان، سالي

استخدام الصوت / سالي مورغان؛ ترجمة بشير العيسوي. - الرياض.

٤٥ص، ٢٢×٢٩سم. - (سلسلة ألفا العلمية؛ ٧)

ردمك: ٩٩٦٠-٤٠-٢١٤-٢

١- الصوت (فيزياء) ٢- الموجات الصوتية

أ- العيسوي، بشير (مترجم) ب- العنوان ج- السلسلة

ديوي ٥٣٤ ٢٣/٣٧٣٦

ردمك: ٩٩٦٠-٤٠-٢١٤-٢ رقم الإيداع: ٢٣/٣٧٣٦

Evans Brothers Limited
2A Portman Mansions
Chiltern Street
London W1M 1LE

ISBN 0 237 51262 9

الطبعة الأولى ١٤٢٤هـ /٢٠٠٣م

الناشر

مكتبة العبيكان

الرياض. العليا. تقاطع طريق الملك فهد مع العروبة.
ص.ب: ٦٢٨٠٧ الرياض ١١٥٩٥
هاتف: ٤٦٥٤٤٢٤، فاكس: ٤٦٥٠١٢٩

المقدمة

أصبح الصوت يحتل جزءًا كبيرًا من حياتنا لدرجة أننا نعتبره أمرًا مسلمًا به. وعلى أي حال، فهو مفيد لنا. ونحن نعتمد على الصوت للتواصل من خلال أشكال التخاطب والموسيقى. كما أن بعض الضجيج قد يكون بمثابة تحذير لنا من خطر ما. وحتى خلفية الضوضاء الضعيفة قد تخبر عما حولنا.

كما أن مملكة الحيوان تستخدم الصوت في التواصل. وكثير من الحيوانات تصدر أصواتًا معينة لتحذر أقرانها من الخطر أو لتشد انتباه الذكور من الحيوانات. أما الخفاش والدولفين فيجدان طريقهما باستخدام الصوت. حتى إن نوعًا من الجمبري يوظف الصوت كسلاح ليصعق به فريسته.



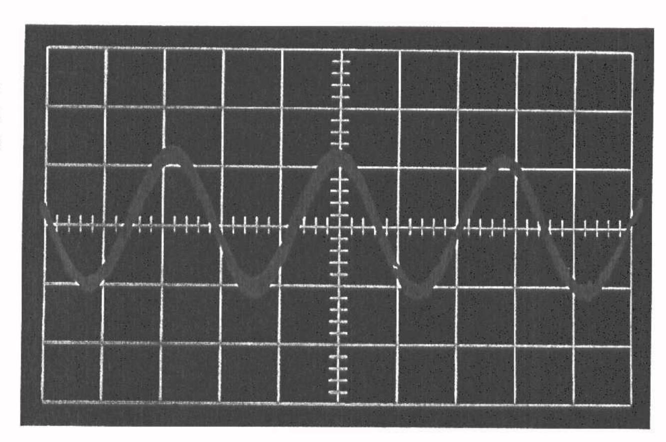
يستخدم كل من الأشخاص (يمين)، وحيوانات أخرى كأفيال البحر (أعلى) الصوت كوسيلة للتواصل.

نحن نعتقد أن العالم مكان مليء بالضوضاء، لكن الإنسان لا يسمع إلا جزءًا بسيطًا من الأصوات التي تحدثها حيوانات أخرى. وكثير من الأصوات التي تصدرها الحيوانات تقع خارج مدى أسماعنا. وبنفس الطريقة، ليست جميع الحيوانات قادرة على أن تسمع الأصوات التي يستطيع الإنسان سماعها، فكل حيوان له مدى للسمع، خاص به يتلاءم مع بيئته وكذا مع طريقة حياته.

ما هو الصوت

تنشأ الأصوات عند اهتزاز الأشياء. على سبيل المثال، عندما تدق عصا الطبلة سطح الطبلة، فإن جلد الطبلة المرن يهتز إلى أعلى وإلى أسفل، محركًا الهواء الموجود فوقها مباشرة، فعندما يتحرك الجلد إلى أعلى، فإن الهواء يتضاغط ويصبح ضغط الهواء أعلى من المعتاد. وعندما يعود الجلد إلى أسفل، يتمدد الهواء ويصبح الضغط الجوي أقل من المعتاد. والذي يحدث أن الاختلافات في ضغط الهواء تنتقل بعيدًا من سطح الطبلة، مثل التموجات التي قد نراها في بركة ماء عند إلقاء حجر فيها. وهذا التأثير ينتج عنه موجة صوتية.

الموجة الصوتية عبارة عن سلسلة من اختلافات في الضغط، تنتج من تضاغط الهواء ثم تمدده مرة ثانية. إنها شبيهة بحركة الموجات لهذا الملف المشدود عند سريانها من طرف إلى آخر في هذا الزنبرك.



يمكن إظهار الصوت على شكل موجة على الجهاز الذي يرسم الذبذبات، فموجات الصوت تتحول إلى إشارات كهربية تظهر كسلسلة من الموجات على الشاشة.

الموجة شكل من أشكال الطاقة، فالموجات الصوتية تنقل طاقة الصوت من مكان إلى آخر، لكنها تحتاج إلى جزيئات من مادة، مثل الذرات والجزيئات، لتنقل الطاقة في طريقها إلى الأمام. وتسبب الموجات الصوتية اهتزازًا في هذه الجزيئات بغية أن يصطدم بعضها ببعض ومن ثم تنتقل طاقة الصوت. وهذا يعني أن الصوت قادر أن يتحرك في الهواء، وفي السوائل وفي المواد الصلبة. على أي حال، لا يستطيع الصوت أن ينتقل في فراغ؛ لأنه لا يحوي جزيئات، والفضاء فراغ، ولهذا لا يوجد صوت في الفراغ.

والسرعة التي ينتقل بها الصوت من مصدره تسمى سرعة الصوت، وهي تتوقف على الوسط أو المادة التي ينتقل خلالها الصوت. فمثلاً: تكون سرعة الصوت ٣٤٠م/ث في الهواء، كما تكون ١٥٠٠م/ث في الماء. ويمكن للصوت أن ينتقل في السوائل بسرعة أكبر حيث تحوي السوائل جزيئات أكثر مما يسبب اهتزازها وانتقال الصوت بواسطتها. وحتى إن الصوت ينتقل أسرع في المواد الصلبة.

من غير الممكن رؤية الصوت، ولكن يمكن الاستدلال عليه من خلال جهاز يدعى جهاز رسم الذبذبات. الميكروفون (انظر صفحة ١٥) الذي يلتقط الموجات الصوتية ويحول اهتزازات الصوت إلى إشارات كهربية. ثم يلتقط رسام الذبذبات الإشارات الكهربية ويحولها إلى سلسلة من الموجات تظهر على شاشة، عندئذ يمكن قياس شكل الموجات وتسجيلها.

هذا الكتاب يفحص دور الصوت في حياة الأحياء بما فيها الإنسان، وكذا يفحص الكيفية التي تحدث بها الحيوانات أصواتًا وكيفية استقبالها: ويصف الكتاب الطريقة التي يمكن إنتاج الصوت بها من خلال أجهزة صنعها الإنسان. ويظهر كيف يمكننا التحدث إلى شخص ما في أقصى الأرض.

شرحت الكلمات الرئيسة في نهاية كل جزء تحت العنوان «كلمات أساسية» وكذا في صفحة ٤٤ حيث المفردات. وسوف تكتشف حقائق مذهلة في كل جزء.

فهيا بنا نذهب سويًا مع بعض التجارب وبعض الأسئلة للتفكير في الإجابة عنها.

وحدات قياس

سنستخدم الاختصارات التالية في هذا الكتاب

وحدات الطول

كم: كيلو متر

م: متر

سم: سنتيمتر

مم: مليمتر

وحدات السرعة

م/ث: ميتر في الثانية

كم/س: كيلو متر في الساعة

وحدات الزمن:

س: ساعة

ث: ثانية

م ث ١/١٠٠٠ من الثانية

وحدات التردد:

هز: هيرتز

وحدات الحرارة:

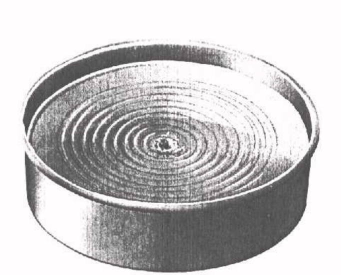
مْ: درجة مئوية

وحدات ارتفاع الصوت:

د ب ١/١٠ من وحدة بيل

- **الاهتزاز:** هو حركة جيئة وذهابًا.
- **الموجة:** هي توتر يحدث في وسط ما، مثل الهواء أو الماء على فترات منتظمة.

الموجات الصوتية



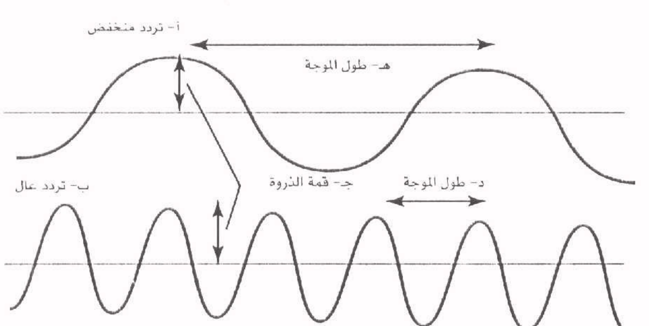
تحدث حركة الموجات على سطح الماء بسبب الحركة إلى أعلى وإلى أسفل. وهذه تسمى موجات مستعرضة. من ناحية أخرى، فإن موجات الصوت طولية؛ وهي تحدث نتيجة لتحرك الجزيئات جيئة وذهابًا.

إذا ألقيت حجرًا في بركة ماء أو بحيرة فإن حلقة من الأمواج الصغيرة سوف تظهر على سطح الماء، وتنتشر هذه الأمواج في شكل دوائر متزايدة العدد منطلقة من المكان الذي دخل فيه الحجر إلى سطح الماء. وكلما كبر حجم الحجر كلما كبرت تلك الموجات. والموجات الصوتية التي تنتقل من مصدر الصوت تتخذ نمطًا مشابهًا للتموجات التي تحدث على سطح الماء.

هناك عدد من المصطلحات الفنية المتصلة بالموجات الصوتية. وطول الموجة يعني المسافة بين قمم الموجات المتتابعة. فارتفاع الموجة يسمى قمة الذروة. والموجات الصوتية التي لها قمة ذروة أكبر سيكون صوتها أعلى، وهذا لأنها تحمل طاقة صوتية أكبر.

وتقاس سرعة الموجات الصوتية بأخذ عدد الموجات التي تمر في نقطة معينة في الثانية الواحدة، وهذا يعرف بالتردد، وهو يسجل عادة على أنه عدد الموجات في الثانية الواحدة. وكلما زاد عدد الموجات في الثانية كلما زاد التردد. والأجسام الصغيرة يمكن أن تهتز بسرعة أعلى من الأجسام الكبيرة ولهذا تنتج أصواتًا ذات ترددات أعلى. والأصوات ذات التردد العالي لها نغمة عالية، في حين أن الأصوات ذات التردد المنخفض لها نغمة منخفضة، ويقاس التردد بوحدة الهيرتز (التي سنختصرها إلى هز) والتي هي ببساطة قياس عدد الموجات في الثانية، على سبيل المثال: فإن ٢٠٠ هز تعني التردد الذي تحدثه مائتا موجة صوتية في الثانية. الموجات منخفضة التردد وكذا عالية التردد قد يكون صوتها مختلفًا، وكلها جميعًا تتحرك بالسرعة نفسها.

طول الموجات لأصوات مختلفة



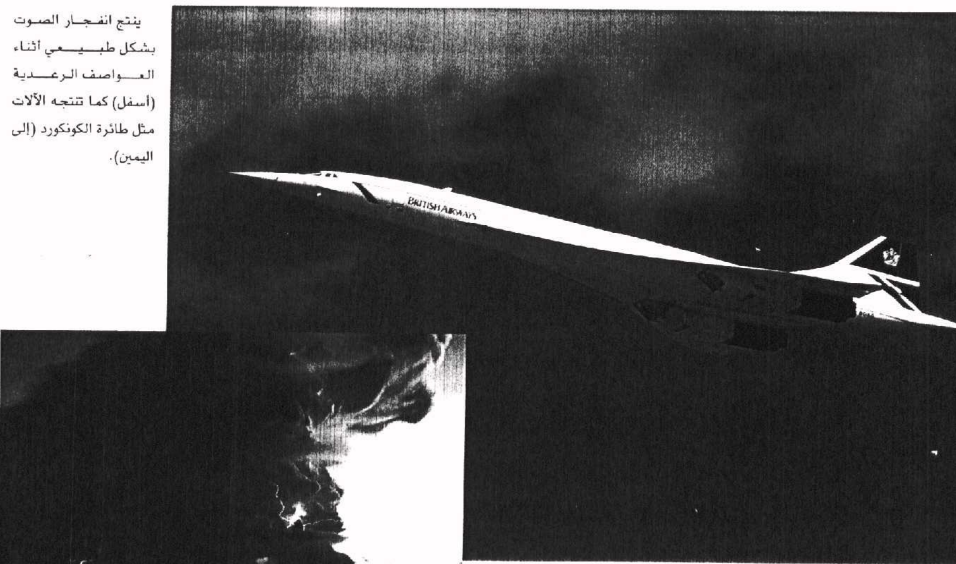
يظهر الرسم كيف أن الأصوات المختلفة تحدث موجات صوتية مختلفة. فإذا كانت الأصوات بنفس العلو، فإن قمة الذروة لها ستكون بنفس الارتفاع، لكن أحد الأصوات له تردد أعلى من الآخر.

وعلى سبيل المثال، ينتقل الصوت ذو المئتي هيرتز العالي التردد وكذا الصوت ذو العشرين هيرتز المنخفض التردد، ينتقل كلاهما بسرعة ٣٤٠م/ث. هذا يعني أنه بالنسبة للصوت ذي التردد العالي الذي يساوي تردده عشرة أضعاف الموجات الصوتية سيمر بنقطة معينة في الثانية نفسها التي يمر بها الصوت ذو التردد المنخفض.

وتتوقف سرعة الصوت على المادة التي ينتقل فيها الصوت، فالصوت ينتقل بشكل أسرع في السوائل من الهواء؛ لأن الجزيئات التي بالسائل أكثر كما أنها أكثر تلاصقًا بعضها ببعض. وهذا يعني أن طاقة الصوت يمكن أن تنتقل بشكل أسرع، أما المواد الصلبة فإنها تحوي جزيئات عديدة تتجمع معًا بشكل مكثف، وهذا يعني أن الموجات الصوتية يمكن أن تنتقل حتى في المواد الصلبة بشكل أسرع من انتقالها في السوائل أو الهواء. وعلى سبيل المثال، فإن سرعة انتقال الصوت في الزجاج هي ٥٠٠٠م/ث.

؟ ما الفارق بين موجات الصوت والموجات التي تتحرك عبر الماء؟

وسرعة الصوت في الهواء «وهي ٣٤٠م/ث» لها اسم خاص هو ماخ-١، وضعف سرعة الصوت يعرف باسم ماخ-٢. وهكذا دواليك، والطائرات الأسرع من الصوت، مثل الكونكورد،



ينتج انفجار الصوت بشكل طبيعي أثناء العواصف الرعدية (أسفل) كما تنتجه الآلات مثل طائرة الكونكورد (إلى اليمين).

من الصوت، مثل الكونكورد، يمكن أن تسافر بسرعة أكبر من سرعة الصوت، وهذا يولد «انفجارًا صوتيًا» أو موجة صادمة تأتي دائمًا عقب اتخاذ الطائرة مسارها الجوي. والانفجار الصوتي كافٍ لكسر ألواح الزجاج في مبانينا. وقصف الرعد مثال على الانفجار الصوتي الطبيعي. وفي العاصفة الرعدية، يولد البرق شرارة كهربية هائلة تسري بين السحب الرعدية ثم تنتقل إلى الأرض بسرعة عالية جدًا. وبينما تسري الشرارة الكهربية في الهواء فإنها تسخنه، مسببة تمدده، وبمجرد أن تمر الشرارة، ينكمش الهواء، متحركًا بسرعة أعلى من سرعة الصوت. وهذه الحركة فائقة السرعة للهواء تنتج انفجارًا صوتيًا. من الممكن أن نقدر كم هي بعيدة عنا العاصفة الرعدية إذا ما قسنا الفاصل الزمني بين رؤية البرق وسماع الانفجار الناتج عن الرعد. يستغرق الصوت تقريبًا ثلاث ثوان لينتقل كيلو مترًا واحدًا، وهكذا بحساب الثواني الفاصلة بين ومضة البرق وقصف الرعد المرافق لها، وبعد ذلك قسمة هذا الرقم على ثلاثة، يمكن معرفة المسافة بيننا وتلك العاصفة الرعدية.

؟ لماذا نرى ومضة البرق قبل سماع الرعد؟

يتوقف ارتفاع الصوت على الطاقة الكافية في الموجة الصوتية ذاتها. وبشكل عام، كلما زادت قمم الموجة الصوتية (قمة الذروة)، كان الصوت أعلى، ويقاس علو الصوت بوحدة تعرف باسم الويسيبل (دب). درجة (دب) الصفر تعبر عن مستوى الصوت الذي لا يمكن أن يسمعه الإنسان، كما أن درجة ١٢٥ د ب هي النقطة التي يصبح فيها الصوت مؤلمًا للأذن البشرية. وتدريج الديسيبل ليس تدريجًا خطيًا، لكنه تدريج لوغاريتمي، وهذا يعني قمة الذروة التي تصل إلى ٢ (دب) لأحد الأصوات التي تساوي عشرة أضعاف قمة الذروة لصوت سجل ١ (دب) وليس ضعف قمة الذروة كما تتوقع.

! إذا وقفت قريبًا من محرك نفاث فسوف تجرب سماع أصوات تصل إلى ١٥٠ د ب، وهي كافية لتدمير جهازك السمعي. أما الأصوات المنخفضة بشكل خاص، مثل حفيف الأشجار، فقد تكون منخفضة إلى ما يساوي ١٠ د ب.

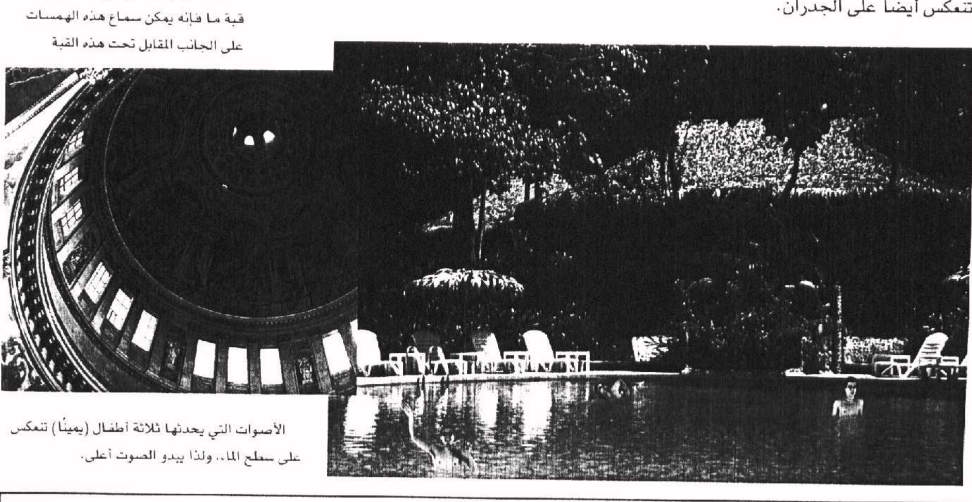
نظرية دوبلر

لعلك لاحظت، أنه مع اقتراب سيارة إسعاف، أو شرطة، وقد قام السائق بتشغيل جهاز (الونان) الإنذار على سقفها، أن الصوت يزداد علوًا. وأيضًا، مع ابتعاد السيارة عنك لابد أنك لاحظته يزداد انخفاضًا. وهذا ما يعرف باسم نظرية دوبلر، وقد سميت باسم العالم النمساوي الذي وضعها لأول مرة. فالتغير في درجة الصوت يحدث لأن مصدره يتحرك بالنسبة لموقع السامع. فإذا ما كان الصوت يتحرك تجاه السامع، فإن الفاصل بين الموجات المتتالية يقل، ولهذا يبدو أن لها ترددًا أعلى. وبالعكس، إذا كان المصدر يتحرك مبتعدًا عن السامع، فإن الموجات تصل إلى السامع بتردد أقل، ويبدو الصوت عندها ذا تردد منخفض، وهكذا تكون درجة الصوت أكثر انخفاضًا.

انعكاس الصوت

لا يتحرك الصوت إلى مسافة بعيدة في الهواء. فجزيئات الهواء مفصولة عن بعضها البعض، ولا تصطدم بعضها ببعض كما يحدث بشكل متكرر في السوائل. ذلك أن الضغط المولد للصوت ينتشر بسرعة في جميع الجهات ومن ثم يصبح الصوت خافتًا وبسرعة. والصوت ينتقل بشكل أفضل فوق الماء، لأن سطح الماء يعكس الموجات الصوتية مرتدة إلى الهواء. وهذا شبيه جدًا بالطريقة التي ينعكس بها الضوء على سطح مرآة. ولهذا السبب، فإن أصوات الأفراد تبدو عالية جدًا في حمام السباحة. وأيضًا يفسر هذا السبب أننا نتمكن غالبًا من سماع الأصوات بوضوح عبر البحيرة (انظر صفحة ٤٣). كما أن الأصوات تنعكس أيضًا على الجدران.

عندما يتم الهمس في أحد جوانب قبة ما فإنه يمكن سماع هذه الهمسات على الجانب المقابل تحت هذه القبة

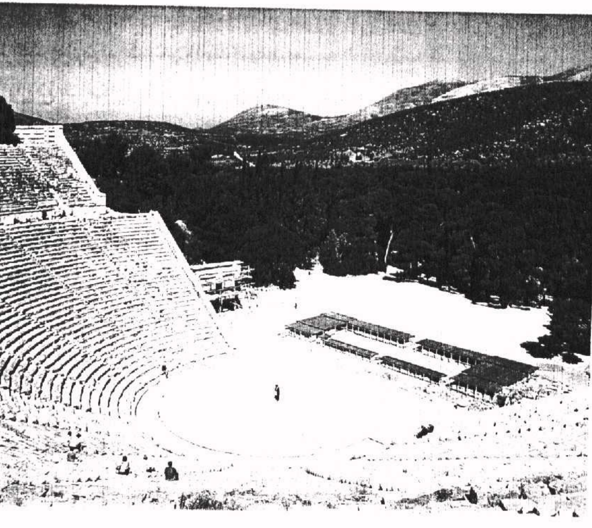


الأصوات التي يحدثها ثلاثة أطفال (يمينًا) تنعكس على سطح الماء، ولذا يبدو الصوت أعلى.

والعلم الذي يدرس توليد الصوت والتحكم فيه يسمى علم الصوت (انظر صفحة ٣٠).

والمسافة التي يمكن أن ينتقل إليها الصوت تختلف أيضًا، وعلى سبيل المثال: فإن الأصوات منخفضة التردد تنتقل إلى مسافة أبعد من تلك التي لها ترددات عالية. ويرجع سبب ذلك إلى طول الموجات الصوتية. ويمكن إيجاد طول موجة صوتية معينة بقسمة السرعة التي تنتقل بها على ترددها، والصوت ينتقل في الهواء بسرعة ٣٤٠م/ث. ولهذا؛ فإن صوتًا تردده ٢٠ هز (أي ٢٠ موجة صوتية في الثانية) يمكن أن يكون طول موجته ١٧م (وذلك بقسمة ٣٤٠ ÷ ٢٠). ومثل تلك الموجات الصوتية الطويلة لديها كثير من الطاقة ويمكن أن تتحرك بسهولة حول الأجسام التي تقابلها في طريقها. والأصوات التي لها ترددات أعلى تكون أطوال موجاتها أقل كثيرًا. وهذه الموجات الصوتية الأقصر تكون طاقتها أقل كما تكون إعاقتها أكثر سهولة. وهي تميل لأن ترتد، أو تُمتص بسهولة، حتى من الأجسام الصغيرة نسبيًا. لهذه الأسباب فإن المقطوعات الموسيقية التي يمكن سماع عزفها في غرفة مجاورة تميل أن تكون ذا ترددات منخفضة، مثل الطبلة، وهذا أيضًا هو السبب وراء إطلاق أبواق الضفادع لأصوات يمكن أن تسمع على مسافة عدة كيلومترات. وفي المقابل؛ فإن آلات التنبيه دائمًا لها أصوات ذات تردد عالٍ يمكن سماعه من بين الضوضاء التي يحدثها مرور السيارات.

بنيت المسارح الإغريقية القديمة مثل هذا الذي في مدينة إبيدوراس، منذ ما يزيد على ألفي سنة خلت. وهي تعتمد نظامًا صوتيًا ممتازًا. فالممثل الذي يتكلم بصوت ناعم أو قطعة النقود التي تسقط على المسرح، يمكن أن يسمعا بوضوح كبير في الصفوف الخلفية، رغم أن المسرح مبني في الهواء الطلق.



الرنين

عند اهتزاز الأجسام، فإنها تفعل ذلك في منتهى السهولة بتردد واحد بعينه. وإذا سمح لجسم أن يهتز حرًا، فسوف يفعل ذلك بمعدل تردده الطبيعي. ويتوقف هذا التردد على شكل المادة التي يتكون منها الجسم. وعلى سبيل المثال؛ فإن قرع جرس صغير بتردده الطبيعي يؤدي إلى صوت رنين، يعرف بأنه نغمته الأساسية. كما أن جرسًا أكبر مصنوعًا من المادة نفسها وبشكل مطابق سيكون له تردد طبيعي أقل، ومن ثم سيولد نغمة أساسية ذات تردد أقل.

يحدث الصدى عندما تنطلق طاقة الصوت باتجاه جسم بالمعدل نفسه المساوي لتردده الطبيعي. ويمكن تشبيه ذلك بدفع شخص ما على أرجوحة. فلكي نضمن حركة الأرجوحة بشكل جيد، فإن الشخص الذي يدفعها عليه أن يضبط توقيت كل دفعة بعناية، فإذا لم يدفع في الوقت الصحيح فإن المرجحة الصحيحة لن تحدث. والشخص الذي يدفع الأرجوحة سينتهي به الأمر إلى خفض حركتها. وعليه إذن أن يوائم بين مرات الدفع وترددات الأرجوحة المتحركة جيئة وذهابًا.

!

يحتفظ بنو الإنسان بتردد ثابت. وقد أصيب الناس بالإعياء في بعض المباني التي كان يندفع فيها الهواء عبر نظام التهوية بنفس معدل التردد الطبيعي لمعدة الإنسان (وهو ٣ هز تقريبًا).

قد يكون للرنين نتيجة قوية بشكل مدهش، فهو هام جدًا في عزف الآلات الموسيقية، فإذا عزف الموسيقار مقطوعة لها التردد الأساسي نفسه لكأس زجاجي موضوع على مائدة قريبة، فإن الكأس سيبدأ في الاهتزاز حيث يكتسب طاقة صوتية من الهواء المهتز المحيط به. وسيحدث الرنين إذا ما اهتزت الآلة بنفس التردد بالضبط محدثة اهتزازًا في الهواء حول الكأس مساويًا لنفس التردد الطبيعي للكأس.

ومعظم التراكيب لها ميل للرنين عند تردد واحد أو أكثر، (أي أن لها أكثر من تردد طبيعي واحد). وقد يسبب الرنين دمارًا هائلاً إذا وقع في مكان ووقت غير مسموح بهما، وأصبح لزامًا على المهندسين أن يضعوا هذا في الاعتبار عند بناء الجسور الحديثة، وغالبًا ما يبنى الجسر حسب شكل قابل للحركة شيئًا ما بفعل الرياح ليمنع الطاقة الناتجة من تيارات الهواء المتحركة أن تولد رنينًا في أرضية الجسر. هذا وإلا فإن تأثير هذا الرنين قد يجعل الجسر يترنح حتى إنه من الممكن أن ينهار عند وقوع الزلزال، قد يكون التردد الذي تتحرك الأرض بموجبه إلى أعلى وإلى أسفل هو التردد الطبيعي نفسه لمبنى معين. والطاقة الناتجة عن الاهتزاز بسبب الزلزال قد تؤدي إلى انهيار المبنى. وعلى المهندسين أن يتأكدوا من أن التراكيب الجديدة في مناطق الزلازل لها تردد طبيعي خارج النطاق بقدر كاف لأي هزة طبيعية قد تحدث.

هذه الآلات الأندونيسية سيسمع صداها بتردد واحد معين.

!

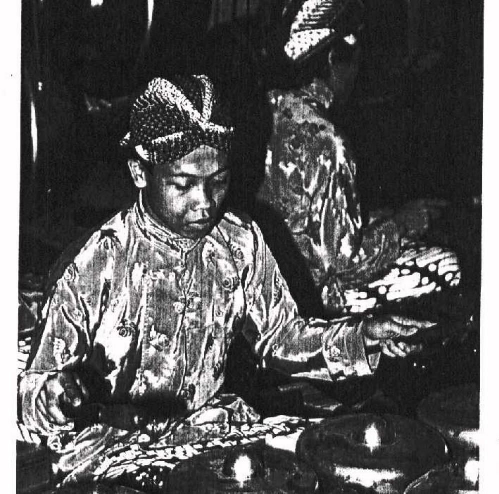
يستطيع بعض المغنيين المحترفين إصدار نغمة موسيقية كاملة النغمة تكسب كأسًا من الزجاج طاقة كافية لتحطيمه.

؟

لماذا، في اعتقادك، يطلب إلى الجنود ألا يسيروا بالخطوة المنتظمة وهم يعبرون الكباري؟



إنهار جسر تاكوما نروز في ٧ نوفمبر ١٩٤٠م نتيجة اهتزازات أحدثتها رياح عاتية. تغلبت تلك الاهتزازت على الرنين الطبيعي للجسر. وعندما اكتسب جسمه طاقة صوتية إضافية لم يحتملها، جاءت نهايته فانهار.



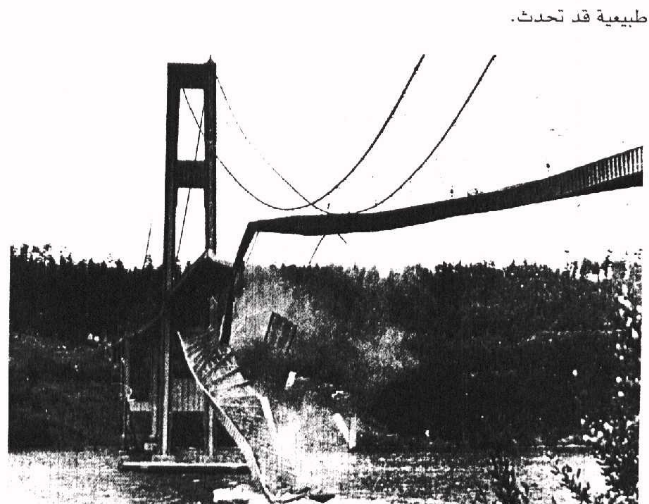
هذه الآلات الأندونيسية سيسمع صداها بتردد واحد معين.

قد يكون للرنين نتيجة قوية بشكل مدهش، فهو هام جدًا في عزف الآلات الموسيقية، فإذا عزف الموسيقار مقطوعة لها التردد الأساسي نفسه لكأس زجاجي موضوع على مائدة قريبة، فإن الكأس سيبدأ في الاهتزاز حيث يكتسب طاقة صوتية من الهواء المهتز المحيط به. وسيحدث الرنين إذا ما اهتزت الآلة بنفس التردد بالضبط محدثة اهتزازًا في الهواء حول الكأس مساويًا لنفس التردد الطبيعي للكأس.

ومعظم التراكيب لها ميل للرنين عند تردد واحد أو أكثر، (أي أن لها أكثر من تردد طبيعي واحد). وقد يسبب الرنين دمارًا هائلاً إذا وقع في مكان ووقت غير مسموح بهما، وأصبح لزامًا على المهندسين أن يضعوا هذا في الاعتبار عند بناء الجسور الحديثة، وغالبًا ما يبنى الجسر حسب شكل قابل للحركة شيئًا ما بفعل الرياح ليمنع الطاقة الناتجة من تيارات الهواء المتحركة أن تولد رنينًا في أرضية الجسر. هذا وإلا فإن تأثير هذا الرنين قد يجعل الجسر يترنح حتى إنه من الممكن أن ينهار عند وقوع الزلزال، قد يكون التردد الذي تتحرك الأرض بموجبه إلى أعلى وإلى أسفل هو التردد الطبيعي نفسه لمبنى معين. والطاقة الناتجة عن الاهتزاز بسبب الزلزال قد تؤدي إلى انهيار المبنى. وعلى المهندسين أن يتأكدوا من أن التراكيب الجديدة في مناطق الزلازل لها تردد طبيعي خارج النطاق بقدر كاف لأي هزة طبيعية قد تحدث.

! يستطيع بعض المغنيين المحترفين إصدار نغمة موسيقية كاملة النغمة تكسب كأسًا من الزجاج طاقة كافية لتحطيمه.

؟ لماذا، في اعتقادك، يطلب إلى الجنود ألا يسيروا بالخطوة المنتظمة وهم يعبرون الكباري؟



إنهيار جسر تاكوما نروز في ٧ نوفمبر ١٩٤٠م نتيجة اهتزازات أحدثتها رياح عاتية. تغلبت تلك الاهتزازت على الرنين الطبيعي للجسر، وعندما اكتسب جسمه طاقة صوتية إضافية لم يحتملها، جاءت نهايته فانهار.

تجربة

الحلقات الرنانة

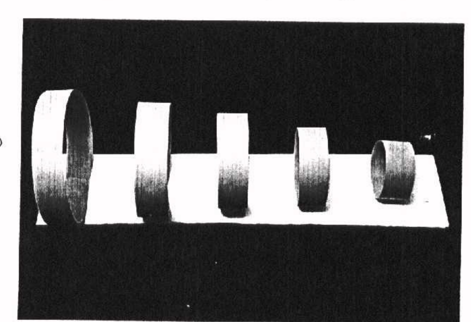
ستكتشف في هذه التجربة أن الأجسام ذات الأحجام المختلفة تهتز بترددات مختلفة، كل ما تحتاجه هو قطعة من الكرتون بطول ٣٠-٤٠سم وبعرض ١٠سم، قطعة كبيرة من الورق المقوى، شريط لاصق، ومقص.

١- قص خمسة أشرطة من الورق، كل واحد منها بعرض ٣سم، قص الأشرطة حسب الأطوال التالية: ٤٦، ٤٠، ٣٤، ٢٨، ٢٢سم.

٢- اثن الأشرطة محولاً إياها إلى حلقات ثم الصق طرفيها بالشريط اللاصق.

٣- ضع الحلقات على لوح الكرتون على مسافات متساوية من بعضها، ضع قطعة صغيرة من الشريط اللاصق لتثبيت الحلقات بلوح الكرتون.

٤- الآن: حرك اللوح إلى الأمام وإلى الخلف، ببطء في البداية، ولكن تدريجيًا مع زيادة تردد الحركة، راقب الحلقات، ستجد أنها جميعًا قد بدأت تهتز، ولكن كل حلقة ستحدث رنينًا (أي تهتز بأقصى قوة) بترددات مختلفة.



ستكتشف أن أكبر الحلقات تبدأ في الرنين أولاً وأن أصغرها هي الأخيرة في إحداث الرنين وبتردد أعلى.

٥- إذا واصلت تحريك اللوح بسرعة أكبر، فعليك أن تلاحظ أن أكبر الحلقات قد بدأت في إحداث رنين مرة أخرى، ولكن بتردد أعلى كثيرًا، وسبب هذا أن كل حلقة ستحدث رنينًا بأكثر من تردد على أي حال؛ سيتوقف شكل الحلقة المهتزة على ترددها، فمثلاً: قد يكون للحلقة شكل دائري عندما تحدث رنينًا بتردد معين، ولكنها تميل إلى تكون مربعة عندما تحدث رنينًا بتردد آخر.

ويجب أن يتضاءل الرنين في الأجسام المتحركة مثل السيارات، حيث إن هذا مهم بصفة خاصة في تقليل الأصوات غير المرغوب فيها. الاهتزازات التي تولدها الإطارات وهي تسير على الأرض وكذا حركة أجزاء المحرك، غالبًا ما تحدث ضوضاء لا يستهان بها. ولكي نتغلب على مشكلة الضوضاء، فقد قام صانعو السيارات بإضافة وسائل لامتصاص الصدمات إلى الإطارات، كما صنعوا سنادات المحرك من المطاط كي يقللوا من الاهتزازات التي تنتقل إلى جسم السيارة، وأضافوا حشوة رغوية إلى بقية أجزاء جسم السيارة.



للسيارة الحديثة العديد من خصائص التصميم، مثل: أجهزة امتصاص الصدمات التي تقلل من ضوضاء الطريق والاهتزازات.

كلمات أساسية

- **قمة الذروة:** هي ارتفاع ذروة موجة ما متعديًا خطًا وهميًا يمر عبر وسط شكل الموجة.
- **التردد:** هو عدد الموجات الصوتية التي تمر بمنطقة معينة في الثانية الواحدة.
- **درجة الصوت:** هي مقياس لتردد صوت ما، مثلاً: الصوت ذو التردد العالي له درجة صوت أعلى.
- **الرنين:** هو حالة تحدث عن اهتزاز جسم بتردد يفوق واحدة من اهتزازاته الطبيعية.

تجميع الموجات الصوتية

لا تحمل الموجات الصوتية كثيرًا من الطاقة الصوتية، كما أنها لا تنتشر بعيدًا في الهواء؛ لذلك نجد كثيرًا من الحيوانات عبر ملايين السنين قد منحها الله أعضاءً خاصة لتساعدها في تقصير وتكبير الموجات الصوتية الضعيفة. وعندئذٍ تحولها إلى إشارات يمكن توصيلها إلى المخ. والأذن واحدة من الأشياء التي منحها الله لتلك الحيوانات، وقد استطاع الإنسان أن يطور جهازًا إليكترونيًا يمكن أن يلتقط، وأن يكبر وأن ينقل الموجات الصوتية، ومثل تلك الاختراعات تمكننا من الاتصال بسرعة وبوضوح عبر المسافات الشاسعة.

الأذن



أذن كل واحدة من هاتين الغزالتين كبيرة ويمكن أن تتحرك في شكل دائرة لتساعدها في تحديد مصدر الصوت.

خلق الله أذن الثدييات على هيئة تراكيب متخصصة جدًا حتى تستطيع تجميع وتكبير الموجات الصوتية قبل نقلها إلى المخ، وتلك الآذان كلها لها تركيب متشابه، رغم وجود تغييرات معينة لتلائم نمط الحياة لكل حيوان ثديي على حده.

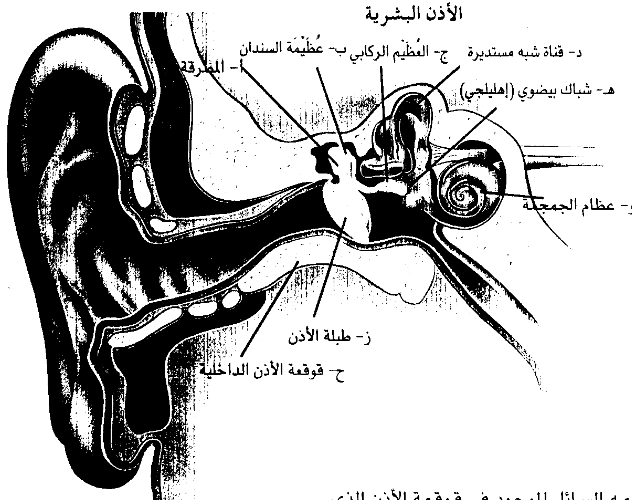
والأذن تتكون من ثلاثة أجزاء: الخارجية، والوسطى والداخلية، الأذن الخارجية هي الجزء الذي نستطيع أن نراه خارج الرأس، واسمها العلمي الصيوان، ووظيفة الصيوان هي تجميع الموجات الصوتية ثم صبها في الأذن الوسطى.

ويتنوع شكل الصيوان بين الأنواع المختلفة من الثدييات، فمثلاً: للأرانب والغزلان آذان خارجية كبيرة جدًا، وهذه تقوم بتجميع الموجات الصوتية بكفاءة عالية، وبذا تُكسب الحيوان الثديي قدرة سمعية فائقة (حادة). كما أن بعض الثدييات يمكنها أن تتحكم في الاتجاه الذي يشير إليه الصيوان، وبهذا يتم تخفيض تأثيرات الضوضاء غير المرغوب فيها الآتية من اتجاهات أخرى وتسمح للحيوان أن يحدد مصدر الصوت بدقة أكبر.

أما الآذان الوسطى فهي محاطة بعظام لحمايتها، يفصل الأذن الوسطى عن الأذن الخارجية غشاء يسمى طبلة الأذن الوسطى. يوجد ثلاثة عظام صغيرة في داخل الأذن الوسطى، وهي: المطرقة (أصغر عظام الجسم)، عظيمة السندان، والعُظيم الركابي، وهي تسمى جملة التركيب العظمى.

وهناك عضلات تحافظ على بقاء هذه العظيمات في مكانها بعناية بالغة، وعندما تصل الموجات الصوتية إلى طبلة الأذن من الصيوان، فإنها تؤدي إلى اهتزاز طبلة الأذن، وعندما تهتز طبلة الأذن فإنها تحرك المطرقة، وهذا بدوره يدفع السندان، محدثًا فيه اهتزازًا. وأخيرًا تصل الاهتزازات إلى العظيم الركابي، ويتسبب التركيب العظمي مجتمعًا في إحداث اهتزازات يجب تكبيرها إلى ٢٢ ضعفًا،

لا يوجد فاقد في الصوت عند انتقال الاهتزازات من عظمة إلى أخرى. يلمس العظيم الرّكابي المهتز غشاء يسمى الشباك البيضاوي (الإهليلجي) الذي يمثل الحد الفاصل بين الأذن الوسطى والأذن الداخلية.



تختلف الأذن الداخلية عن كل من الأذن الوسطى والخارجية في أنها مملوءة بالسائل بدلاً من الهواء. وهي تحوي عضوين: واحدًا للسمع والآخر للتوازن.

العضو المختص بالسمع في الأذن الداخلية هو قوقعة الأذن، وهي تركيب يلتف حول نفسه، مملوء بالسائل يحتوي المستقبلات السمعية. هذه المستقبلات متصلة بالأعصاب. وعندما يبدأ غشاء الشباك الإهليلجي في الاهتزاز، فإنه يدفع أمامه السائل الموجود في قوقعة الأذن الذي يبدأ هو أيضًا في الاهتزاز. كما يدفع السائل الموجود في قوقعة الأذن المستقبلات إلى الأمام، مما ينتج عنه حمل الرسائل عبر العصب السمعي إلى المخ.

النوع الثاني من التركيب الموجود في الأذن الداخلية هو القنوات شبه المستديرة، وهي حساسة متخصصة جدًا تزود المخ بالمعلومات المتعلقة بوضع وحركة الرأس. هناك ثلاث قنوات شبه مستديرة، تقع كل واحدة منها متعامدة على الأخرى، مما يجعل المخ قادرًا على تقصي الحركة في جميع الاتجاهات. وعندما يتحرك الرأس من جهة إلى أخرى، يبدأ السائل الموجود في إحدى القنوات شبه المستديرة في التحرك، ويبدأ السائل في دفع الشعيرات الحسية الموجودة بداخل هذه القناة إلى الأمام، وترسل هذه الشعيرات معلومات إلى المخ، حاملة معلومات حول موقع الرأس، حيث يستخدمها المخ في حفظ التوازن والوقوف والجلوس.

توفر الأذنان الكبيرتان للثعلب الإفريقي الصغير (الفنك) قدرة سمعية ممتازة.



بعض الثدييات لها آذان تواءمت بشكل خاص مع بيئتها لتعطيها قدرة سمعية أفضل. فالثعلب الإفريقي الصغير (الفنك) من قاطني الصحراء، وهو يصيد فريسته ليلاً عندما يكون الجو أبرد من النهار؛ ولذا فهو يحتاج سمعًا حادًا حتى يقع على فريسته، وأذناه الكبيرتان ذات كفاءة عالية بصفة خاصة في تجميع الصوت. وهما تساعدان الثعلب في أن يظل جسمه باردًا أثناء حر النهار، ذلك أن دم الثعلب ينساب قريبًا من سطح جلد الأذن، وهذا يسمح لطاقة السخونة أن تنتقل إلى الهواء المحيط بسرعة، وكأنها عملية إشعاع تقريبًا.

كما أن فأر الكنغر يعيش في الصحراء أيضًا. وهو فريسة دائمة للبوم والثعابين حيث منحت أجهزة حسية ممتازة لتساعدها في الصيد. فطبلة الأذن عند فأر الكنغر كبيرة جدًا، وكذا أذنه

الداخليـة. على أي حـال؛ الشـبـاك الإهليلجي بين الأذن الوسطى والداخلية صغيـر بشكل خاص؛ ولهذا السبب هناك فارق لا يستهان به من حيث الحجم بين طبلة الأذن والشباك الإهليلجي مما يجعل فأر الكنغر قادرًا على تكبير الأصوات ذات الترددات المنخفضة إلى ما يساوي مئة ضعف. إن سمع فأر الكنغر حساس إلى حد كبير لدرجة أنه يمكن أن يسمع صوت الهواء الذي يهب فوق جناح بومة أو حرافيش ثعبان يتحرك على الرمال، وهذا يعطيه إنذارًا مبكرًا لخطر يقترب منه.

! بعض الفراشات الليلية لها مدى سمعي واسع يمتد من ١٠٠٠ هز إلى ٢٤٠٫٠٠٠ هز مما يثير الدهشة.

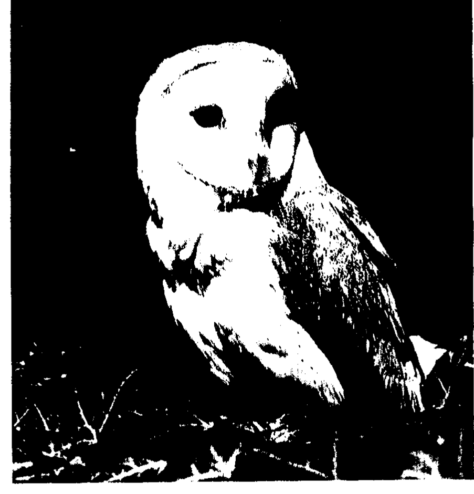


لفرس النهر (يمينًا) أذنان صغيرتان جدًا: هل تستطيع التفكير في سبب كونهما هكذا؟

تقع الأذن البشرية على جانبي الرأس، وهي ليست جيدة جدًا عند تجميع الموجات الصوتية، إلا أنها في وضع مثالي لتجميع الأصوات. وتصل الموجات الصوتية إلى أذن قبل الأخرى. وعلى سبيل المثال؛ فإن الصوت الذي يأتي من جهة الأذن اليمنى سيصل إليها بفارق عدد قليل من أجزاء الألف من الثانية، قبل أن يصل إلى الأذن اليسرى. وبمقارنة الإشارات التي ترسلها الأذنان، يتمكن المخ من حساب اتجاه مصدر الصوت بشكل تقريبي. ونحن نميل إلى توجيه أذن جهة مصدر الصوت حتى نستفيد بأقصى قدر ممكن من فارق الوقت بين وصول الصوت إلى أذن قبل الأخرى. وهذا مما يساعد المخ البشري في تحديد مصدر الصوت بشكل أكثر دقة.

تستطيع البومة، التي تتخذ من أعالي مخازن الحبوب سكنًا لها، أن تستنتج اتجاه وارتفاع الصوت، الذي يعتبر مفيدًا بصفة خاصة عندما تقوم بالاصطياد، وتأتي قدرة البومة على ذلك بسبب وجود طوق الريش المميز الموجود على وجهها. ويتكون هذا الطوق من صفين من الريش المتقارب من بعضه جدًا يتخذان شكلاً قُمعيًا مما يؤدي إلى دفع الموجات الصوتية باتجاه الأذنين.

ومعروف أن واحدة من أذني البومة تقع أعلى من الأخرى قليلاً، ويلاحظ أن حزمة الريش، التي تتخذ شكل الأخدود الموجودة على الجانب الأيمن ترتفع إلى أعلى لتجمّع الموجات الصوتية التي تأتي من أعلى، بينما حزمة الريش الموجودة على الجانب الأيسر تتجه إلى أسفل لتتأكد من مصدر الصوت الذي يأتيها من أسفلها. وبمقارنة الإشارات التي تصل من كل أذن على حدة تستطيع البومة أن تميز ارتفاع وكذا بنفس الدقة اتجاه الصوت، ويتخصص جزء كبير من دماغ البومة في رسم خريطة صوتية للمنطقة التي تعيش فيها، مما يسمح لها بأن تحدد وكذا أن تتذكر الأصوات دون أن تحرك رأسها.



تصيد البومة التي تعيش في أعالي مخزن الحبوب، ليلاً معتمدة على قدرة سمع حادة كي تجد فريستها.

مدى السمع

تختلف قدرة الحيوانات، وبوجه عام، فإن الحيوانات الأكبر تسمع وتستخدم الأصوات ذات الترددات المنخفضة، بينما الحيوانات الصغيرة تسمع وتستخدم الأصوات ذات الترددات العالية، فعلى سبيل المثال: للفئران مدى سمع يتراوح بين ١,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ هز، بينما القطط لها مدى يتراوح بين ٣٠,٠٠٠ إلى ٤٥,٠٠٠ هز، وللفيل مدى سمع يتراوح بين عشرين فقط إلى ١٠,٠٠٠ هز.

ضفدع الطين



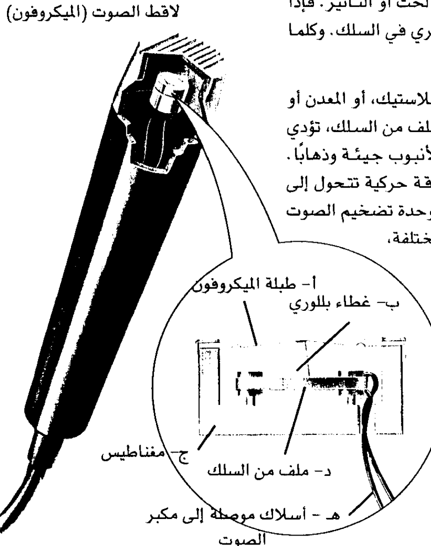
على أي حال؛ هناك استثناءات لهذه القائمة الهامة، يعيش ضفدع الطين في مواطن قاحلة، ويقضي موسم الجفاف مدفونًا في باطن الأرض، ويخرج فقط عندما تتجمع الأمطار غير المنتظمة مكونة بركة من المياه، وتنمو صغارها في هذه البرك قبل أن يجف الماء، وقد منح الله ضفدع الطين قدرة سمع حساسة جدًا للأصوات ذات الترددات المنخفضة لالتقاط صوت سقوط المطر على الأرض، بغية أن تعرف متى تظهر وتضع بيضها.

والحشرات أيضًا، تسمع الأصوات، وتتكون أذن الحشرة ببساطة من غشاء به خلايا لاستقبال الصوت، وهناك حشرات معينة لها كتل شعرية متخصصة في تجميع الصوت، بينما هناك حشرات لها هوائيات تواءمت بشكل خاص لتعمل على تجميع الصوت.

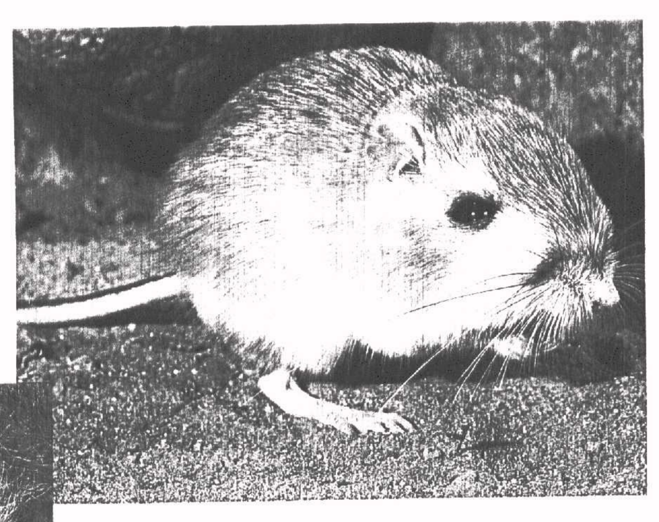
مكبرات الصوت

توصف لواقط الصوت (الميكروفونات) علميًا بأنها محولات للطاقة الصوتية، وهذا يعني أنها تحول الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربية، ويعتمد هذا على نظرية تعرف باسم الحث أو التأثير. فإذا مرَّ تيار كهربي في ملف مغناطيسي فإن ذلك يؤدي إلى توليد تيار كهربي يسري في السلك. وكلما زادت حركة السلك في الملف المغناطيسي، كلما زادت قوة التيار الناتج.

لاقط الصوت (الميكروفون)



ويشتمل لاقط الصوت على غشاء يسمى طبلة اللاقط، يصنع عادة من البلاستيك، أو المعدن أو المايكا (وهي طبقة رقيقة من بلورة الزجاج)، تتصل الطبلة بأنبوب حوله ملف من السلك، تؤدي الموجات الصوتية إلى اهتزاز طبلة اللاقط، الذي يقوم بدوره، على تحريك الأنبوب جيئة وذهابًا. يثبت هذا الأنبوب في مجال مغناطيسي، وعليه فإن حركته تؤدي إلى توليد طاقة حركية تتحول إلى طاقة كهربية، وينتقل التيار الكهربائي الناتج من الملف عبر أسلاك توصيل إلى وحدة تضخيم الصوت التي تسبق وصوله إلى مكبر الصوت (الذي نراه في المساجد، مثلاً، بأشكال مختلفة، وتسمع الصوت من خلاله) ومكبر الصوت يعمل إلى حد كبير على النظرية نفسها التي يعمل بها لاقط الصوت لكن بشكل عكسي، على أي حال، يودي سريان التيار الكهربي في السلك الموجود في المجال المغناطيسي إلى تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة حركية. فيدفع التيار الكهربي خلال ملف من السلك يُدفع بدوره حول الأنبوب، يتصل الأنبوب بقمع ورقي موضوع في مجال مغناطيسي، وتتحول الطاقة الكهربية التي تمر في الملف داخل المجال المغناطيسي إلى طاقة حركية وهذا يؤدي إلى تحريك الملف، ومن ثم يحرك القمع الورقي إلى الداخل والخارج. وحركات القمع هذه ينتج عنها تكوين موجات ضغط في الهواء، تسمع كصوت، ويكون الصوت أعلى لأن مكبر الصوت قد قام بتقوية الإشارة الواصلة إليه من لاقط الصوت، والإشارة الأقوى ستجعل القمع الورقي يتحرك إلى مسافة أبعد.



تقوم كل من أذن الكاغورو (يمين) ووسيلة تعويض السمع (أسفل) بتكبير الموجات الصوتية. وسائل تعويض السمع الحديثة صغيرة لدرجة أنه يمكن تثبيتها في الأذن أو يمكن إخفاؤها في إطار النظارة الطبية

ويعرف الصمم على أنه حالة يكون فيها الإنسان أو الحيوان عاجزًا عن سماع الأصوات. على سبيل المثال، قد لا تكون الموجات الصوتية قادرة على الوصول إلى القوقعة في الأذن الوسطى، أو قد تكون القوقعة عاجزة عن إرسال الإشارات إلى المخ. إذا لم يكن ممكنًا حل هذه المشكلة بالتدخل الطبي أو الجراحي، فإن الشخص الذي يعاني من تلك المشكلة قد يعطى وسيلة سمع تعويضية، وهذه الوسيلة تتكون من لاقط صغير للصوت، يلتقط الموجات الصوتية، موصولاً بمضخم للصوت يقوم بتضخيم الموجات الصوتية (أو بالأحرى مثل أذن فأر الكنغر، انظر صفحة ١٢)، ناقلاً إياها إلى مكبر للصوت الذي بدوره يوجه الموجات الصوتية إلى داخل الأذن.

وتأتي الطاقة الكهربية لوسيلة السمع التعويضية من بطارية صغيرة.

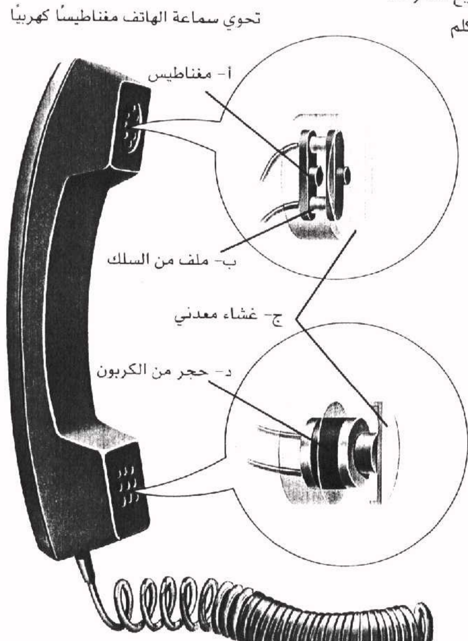
الهواتف

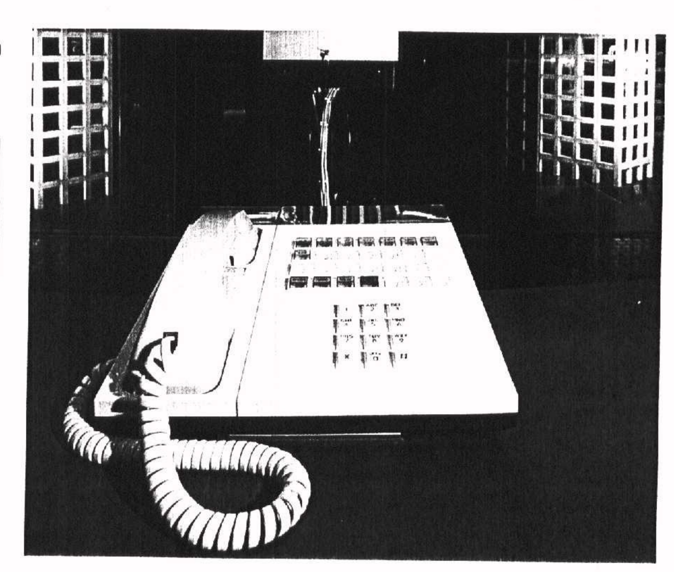
يؤدي الهاتف عمله مستفيدًا من استخدام لاقط صغير للصوت موصولاً بمكبر للصوت، وقد ظلت التقنية الأساسية للهاتف واحدة منذ أن اخترعه الكسندر جراهام بيل عام ١٨٧٦م. اعتمدت أجهزة الهاتف في أول عهدها على مبدأ أن حبيبات الكربون تغير مقاومتها الكهربائية تحت الضغط. وهذا يعني أنه عندما تتدافع حبيبات الكربون إلى بعضها فإن تيارًا كهربيًا يمر خلالها بسهولة أكثر. وعليه، فإن حبيبات الكربون قد وضعت في قالبين من حجارة الكربون، في أي جهاز هاتف. الحجر الأمامي الذي يتخذ شكل القبة كان يتصل بغشاء مرن وكان بمقدوره أن يتحرك إلى الأمام وإلى الخلف.

أما الحجر الخلفي الذي يشبه الكأس، فهو مثبت بشدة ولا يستطيع الحركة، وكلا الحجرين كانا متصلين بمصدر للطاقة الكهربية، فعندما يتكلم شخص في الجزء المخصص للإرسال، يتسبب ضغط هواء الصوت المتغير في اهتزاز الغشاء المعدني، ومن ثم تنتقل الاهتزازات إلى حبيبات الكربون. ومن ثم فإن الضغط على حبيبات الكربون كان يتغير باستمرار؛ لذا كان صوت المتكلم الأعلى قادرًا على إحداث في حبيبات الكربون أكثر من الصوت الهادئ، وكان هذا مما يقلل المقاومة الكهربية، معطيًا الفرصة أكثر لانسياب التيار الكهربي خلالها، ولهذا: كان الصوت العالي قادرًا على توليد تيار كهربي أكبر؛ ولذا فإن التيار المتغير كان ينظر اليه على أنه نسخة مباشرة من تغيرات ضغط الهواء الناتجة عن صوت المتحدث. والهواتف الحديثة تستخدم نفس التقنيات الأساسية، إلا أنها أصغر بكثير، وأخف وزنًا وأكثر فاعلية.

وسماعة الأذن في جهاز الهاتف تحول الطاقة الكهربية إلى صوت بطريقة مشابهة لتلك التي وصفناها في جهاز تكبير الصوت (انظر صفحة ١٥)، ذلك أن التيار الكهربي يمر خلال أسلاك ملفوفة حول مغناطيس، ويوضع المغناطيس قريبًا من غشاء معدني. التغيرات التي تحدث في التيار المار بالأسلاك تؤثر على جذب المغناطيس للغشاء الذي يتحرك إلى الداخل والخارج مع التيار المتغير. وهذا يولد ذبذبات تكوّن الموجات الصوتية التي تنتقل عبر الأثير.

تحوي سماعة الهاتف مغناطيسًا كهربيًا





الهاتف الجديد

كلمات أساسية

- **الأذن:** هي العضو المختص بالسمع في الحيوانات.
- **مكبر الصوت:** هو جهاز كهروميكانيكي يقوم بتحويل الإشارات الكهربية إلى موجات صوتية.
- **لاقط الصوت:** هو جهاز يقوم بتحويل الموجات الصوتية إلى إشارات كهربية.

إحداث الأصوات

كثير من الحيوانات تستخدم الصوت لتتواصل مع بعضها، والطرق التي تحدث بها الحيوانات هذه الأصوات، واحدة في أساسها، وقد تعلم الإنسان الآن كيف يحدث أصواتًا اصطناعية أيضًا، وذلك باستخدام مجموعة مختلفة من الآلات والأجهزة، مع ذلك فإن الطريقة التي يتم بها إحداث الصوت شبيهة جدًا بالطرق المستخدمة في العالم الطبيعي.

التواصل بين الحيوانات

الحنجرة في جسم الإنسان هي المكان المختص بتوليد وإحداث الصوت البشري. والحنجرة هي تركيب مجوف يشبه الصندوق، موجود في القصبة الهوائية، ويمكن رؤيتها ولمسها كنتوء في مقدم الرقبة، وهي غالبًا ما تسمى تفاحة آدم، أو صندوق الصوت. والحنجرة تحوي حزمًا من الألياف التي تهتز عندما يمر فيها الهواء، وهذه الاهتزازات تولد الصوت، إذا لمست حنجرتك وتكلمت، فسوف تحسها وهي تهتز، كل طرف من كل حبل صوتي متصل بمقدم جدار الحنجرة، بينما الطرف الثاني متصل بغضروفين متحركين داخل الحنجرة نفسها. وعند الشهيق تتجاذب الأحبال الصوتية فيمر الهواء داخلها في طريقه إلى الرئتين، وعند الزفير دون الكلام، تظل الأحبال الصوتية مشدودة. على أي حال؛ لكي تغني أو تتحدث، فإن الغضروفين يتحركان متقاربين من بعضهما في وقت واحد عند دفع الهواء إلى الخارج. وهذا يحدث إعاقة جزئية في القصبة الهوائية، ولهذا يجب على الهواء أن يدفع بقوة ليمر عبر الحبال الصوتية التي تبدأ عندئذ في الاهتزاز.

إن طول الحبال الصوتية وسمكها، سويًا مع حجم الحنجرة، جميعها تشارك في درجة علو أو انخفاض الصوت، فالرجل له صوت أعمق من صوت المرأة؛ لأن حنجرته أكبر وحبالها الصوتية أسمك. والتحكم الحسن في الحبال الصوتية يسمح لنا بتوليد تشكيلة واسعة من الأصوات. فعندما يتعلم الطفل التكلم، فإن ما يحدث هو أن مقدار تعلمه كيفية التحكم في حباله الصوتية لإحداث الأصوات المرغوبة يساوي مقدار تعلمه استخدام اللغة.

الحبال الصوتية في هذه الصورة ممتدة بطول القصبة الهوائية، تاركة فجوة مثلثة ليمر خلالها الهواء.

للأولاد الصغار حناجر صغيرة، وهم يستطيعون إحداث نغمات ذات صوت عال. وعندما يصلون إلى سن البلوغ تكون أصواتهم قد أنهكت، وتصبح أصواتهم منخفضة.

يمكن للحيوانات أن تتواصل مع بعضها بطرق كثيرة مختلفة، بما فيها استخدام الإشارات المرئية والرائحة، لكن الصوت هو الطريقة الأكثر شيوعًا من حيث الاستخدام في التواصل على المسافات البعيدة أو عندما تكون الرؤية محدودة مثل التواجد في غابة كثيفة.

ومعظم الحيوانات الليلية تعتمد بشكل مكثف على الصوت في التواصل، ومن بين مجموعات الحيوانات الليلية الأكثر إزعاجًا الضفادع، في شمال أمريكا، أثناء تزاوج الضفادع الأمريكية الكبيرة، قد تكون البرك والمستنقعات أماكن تصم الآذان بسبب الضوضاء التي تحدثها تلك الضفادع في الساعات الأولى للمساء. ورغم أن الضوضاء التي تحدثها تلك الضفادع في الساعات الأولى للمساء، تبدو كأنها مربكة لآذاننا، إلا أن معظم الضفادع حساسة فقط لحزمة ضيقة من الترددات، وهي تحديدًا التي يستخدمها النوع نفسه من الذكور للنداء عليها، وهكذا؛ فإن كل النداء، والتردد الذي ينطلق به، هو صفة مميزة لنوع



لماذا تصدر بعض الطيور في الغابات الاستوائية أصواتًا منخفضة التردد بدلاً من عالية التردد؟

واحد من الضفادع، وغالبًا ما يتم تضخيم الصوت (انظر صفحة ٢٨) في كيس هوائي ضخم موجود في حلقوم الضفدعة. وكيس الهواء هذا يعمل بالطريقة نفسها التي يعمل بها جسم الجيتار الصوتي (انظر صفحة ٢٥)، فالهواء الذي بداخل الكيس يحدث رنينًا، ومن ثم يعمل كمضخم لنقيق الضفدع.

يقوم كيس الهواء بتنظيم الأصوات التي تحدثها هذه الضفدعة.



أما الحشرات فإنها تولد الصوت بطريقة مختلفة، فمثلاً: تهز حشرة الزيز (حشرة الحصاد) الأغشية الدائرية الموجودة على بطنها سريعًا جدًا. كما أن الجرادة، التي تنتسب إلى فصيلة حشرة الزيز تحك فخذيها المسننين بطرفي جناحيها منتجة صوتًا يميزها عن الحشرات الأخرى.



تسمى الحية المجلجلة بهذا الاسم نظرًا لصوت الجلجلة التي تحدثها من الجرس في نهاية ذيلها.

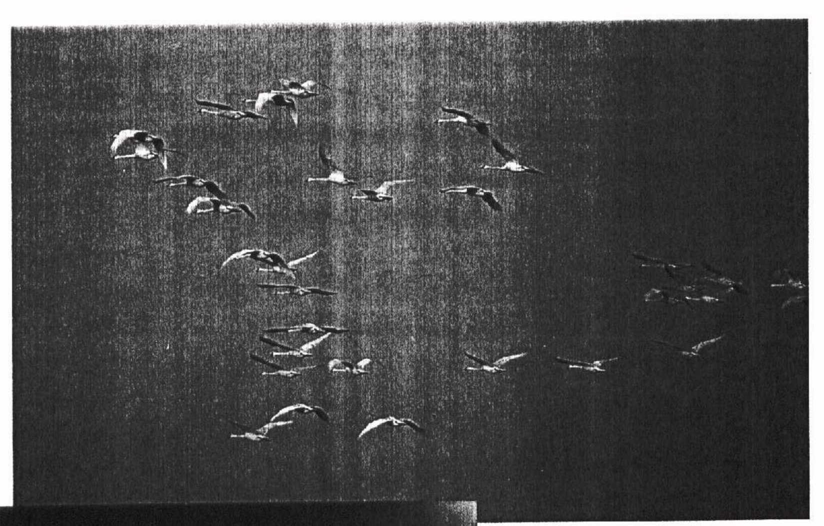
تحذر الحية المجلجلة الحيوانات الأخرى من خطرها بأن تقوم بهز الجرس الموجود في نهاية ذيلها.

أصوات الطيور

ربما تكون الطيور هي مجموعة الحيوانات التي تعرف على أفضل وجه بأنها قادرة على إحداث أصوات، وبينما تحدث الثدييات أصواتًا من حناجرها، وتستخدم الشفتين واللسان لإخراج وتشكيل الصوت، فإن للطيور أعضاء صوتية مختلفة، تسمى المصفار، والمصفار يقع قرب الرئتين ويتكون من صندوق رنان وعدد من الأغشية. فعندما يتنفس الطائر طاردًا الهواء من رئتيه إلى الخارج فإنه يمر عبر المصفار، فترتخي الأغشية المشدودة في تلك اللحظة، وتتحرك تبعًا للصندوق الرنان لينتج كل واحد صوتًا مختلفًا على حدة.

؟

لماذا يحدث نـ ـار الخشب صوتًا كالطبل ذا تردد منخفض عند نقره جذوع الشجر الميتة ولا يحدث ذلك الصوت عندما ينقر على جذع الشجرة الحية؟



يصدر البجع عند طيرانه (إلى اليمين) صوتًا يقارب الموسيقى، تعرف بموسيقى الطيران. ويحدث هذا الصوت نتيجة ضرب الطائر بالريش المغطي جسمه، ويعتقد بعض العلماء أن هذا الصوت يساعد البجع في أن تطير معًا.

ويمكن للعضلات حول المصفار أيضًا أن تغير شكله، وإلى أبعد من ذلك إن تغير الصوت الذي يحدثه الطائر والطيور الصغيرة الحجم تحدث قدرًا أكبر من الأصوات عالية التردد. فمثلاً؛ طائر الصّعو (النمنمة) يصدر أصواتًا عالية التردد تصل إلى ما يقارب ٤٠٠٠ هز، وهو يغني ستة وخمسين لحنًا فقط فيما لا يزيد عن ٥,٦ من الثانية، مقدمًا أغنية متغيرة النغمات بشكل سريع جدًا. ويمكن للإنسان أن يستمع إلى أغنية الصعو بشكل صحيح فقط إذا ما سجلت ثم استعيدت ببطء.

قد يكرر طائر نقار الخشب (اليلمر) أغنيته التي لا يعرف غيرها إلى عدد يصل غالبًا إلى ألف مرة يوميًا.

وتستخدم الطيور أغانيها أساسًا للتعرف على أراضيها، ولكي تصدر نداءات تحذيرية لتجذب إليها شريكًا في موسم التزاوج. ومعظم الطيور التي تستطيع أن تغني يمكن التعرف عليها بسهولة إلى حد ما بأغانيها، والطيور التي لها ريش أسمر تميل لأن تغني بصوت أعلى من تلك التي لها ريش ملون، حيث إنها لابد أن تعتمد على أصواتها لجذب الانتباه إليها. وكثير من الطيور تكرر أغانيها مرارًا لتتأكد من وصول الرسالة التي تريدها إلى متلقيها. وعلى سبيل المثال، فإن طائر نقار الخشب (اليلمر) يكرر أغنيته التي لا يعرف غيرها إلى عدد يصل غالبًا إلى ألف مرة يوميًا. يُعد مستهل النهار عاملاً رئيسًا من حيث تأثيره على أغنية الطائر، فالعشرون إلى الأربعين دقيقة قبل وبعد الفجر، تشهد غناء أكبر من تلك التي تغني في أي وقت من أوقات النهار، ويعرف هذا باسم الغناء الجماعي (كورس) للفجر ويكون مثيرًا للضوضاء في أيام الربيع في موسم التزاوج.

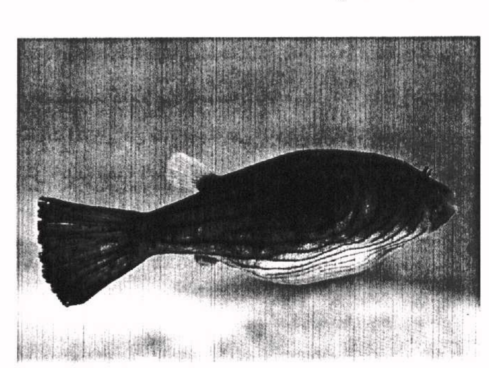
! يُعد النداء الشهير توو -ويت- توو، هوو الذي تصدره البومة ذات الريش الأسود المائل إلى الصفرة -في واقع الأمر- صوتًا لبومتين. فالبومة الأولى تصدر الصوت توو - ويت، وترد عليها الثانية توو - هوو.

الانغماس في الصوت

تستطيع الدلافين أن تحدث أكثر من ثلاثين صوتًا. ومعنى كل صوت يمكن أن يتغير عندما يغير الدولفين وضعه. فمثلاً قد يحني رأسه ويصدر ذلك الصوت.

تعتبر الأصوات هامة خصوصًا بالنسبة للحيوانات التي تعيش في الماء؛ ذلك أنها لا تستطيع أن تستخدم كثيرًا من الحواس التي تستخدمها الحيوانات التي تعيش على اليابسة كحاستي البصر والشم مثلاً. ففي المحيطات هناك قدر بسيط من النور، كما أن الرائحة لا تنتشر بعيدًا عن مصدرها، على أي حال يُعد الماء وسطًا مثاليًا للصوت، حيث إن الصوت ينتقل في الماء أسرع خمس مرات من انتقاله في الهواء. والموجات الصوتية تنتقل عبره مسافات هائلة، وعندما تكون على سطح الماء فإنها تنعكس إلى أسفل متجهة إلى أعماق المحيط. وقد اعتقد العلماء لفترة طويلة أن المحيطات أماكن ساكنة، وقد كانوا مخطئين جدًا باعتقادهم ذلك. فهناك قائمة طويلة من الحيوانات البحرية التي تحدث أصواتًا، وهي تشمل القشريات (كالروبيان) والأسماك والثدييات البحرية، وحتى صوت الأمواج المتكسرة على شاطئ صخري تنتقل إلى مسافات بعيدة في مياه المحيط.

في الآونة الأخيرة جرب سكان ميناء فرانسيسكو قدرة الحيوانات البحرية على التواصل. فقد اشتكى ساكنو القوارب الراسية بطول شاطىء خليج أنهم لا ينامون ليلاً بسبب طنين متواصل. وقد طرحت نظريات كثيرة لمعرفة مصدر الصوت، حتى أمكن في النهاية تتبع الصوت واكتشاف أن سمكة صغيرة هي التي تحدث ذلك الطنين، فقد لوحظ أن سمك العلجومي وهي سمكة كبيرة الرأس والفم، بدأت تستعمر الميناء، في أعقاب برنامج نظافة لتخفيض نسبة التلوث في الخليج. في أثناء موسم التزاوج ووضع البيض، كانت ذكور العلجومي تغني لتجذب إليها الإناث، وذلك بإصدار طنين عندما تحدث اهتزازات في مثاناتها الهوائية. ويمكن أن يستمر ذلك الغناء مدة ساعة، وقد كانت أسماك العلجومي تسبح في الماء بالقرب من تلك القوارب حيث قام جسمها المجوف بدور مضخمات الصوت الذي تصدره الأسماك. ولما عجز سكان ميناء سان فرانسيسكو عن التخلص من تلك الأسماك، فإنهم الآن في موسم التزاوج، يقيمون مهرجانًا سنويًا لأسماك العلجومي، احتفالاً بذلك الصوت.

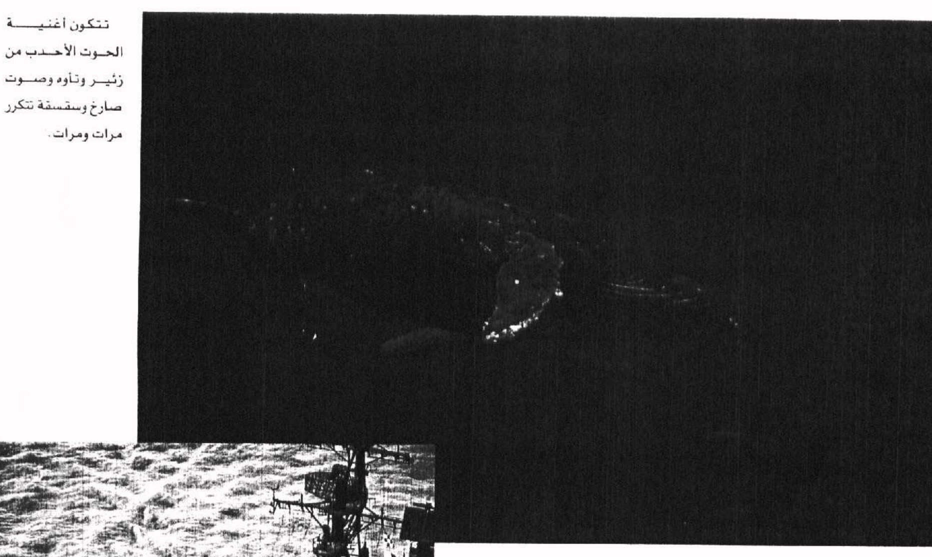


تحدث سمكة العلجومي التي تبدو عديمة القيمة طنينًا عاليًا، وذلك بإحداث اهتزازات في مثاناتها الهوائية.

ويعرف أن الحيتان حيوانات قادرة على التواصل بشكل ملحوظ، وأنها تستطيع أن تبقى على اتصال عبر مسافات بعيدة، وهي لا تحدث نقرات كما تفعل الدلافين، بدلاً من ذلك، نجد الذكور تغني، وأغنية الحوت الأحدب تتكون من زئير، وتأوه، وصوت عال صارخ وسقسقة، والأغنية الواحدة تتراوح ما بين عشر دقائق إلى عشرين دقيقة، ولكن الغناء قد يستمر لساعات عدة أو حتى لأيام. والحوت الأحدب، في مختلف أنحاء العالم له أغان مختلفة، كما أن مجموعة الحيتان وهي تتنقل في مياه المحيط، تضيف أجزاءً إلى غنائها، كما أنها تسقط أخرى، وهكذا تتغير الأغاني تدريجيًا عبر الزمن، وتجتمع الحيتان الحدب، ذكورًا وإناثًا لمدة ثلاثة أشهر للزواج، وفي بداية موسم التزاوج تغني الذكور الأغنية نفسها التي ختموا بها موسم التزاوج في العام السابق، إلا أن تلك الأغنية تتغير تدريجيًا أثناء الموسم.

أما الحوت الأزرق، وهو أضخم الحيوانات الحية في العالم، فإن له أغنية تتكون من أنات عميقة بشكل خاص، وحيث إن له حنجرة ضخمة ورئتين كبيرتين، فإنه يستطيع أن يصدر نغمات منخفضة التردد جدًا وصاخبة جدًا في الوقت نفسه.

هذه الأصوات العالية تصل إلى ما يزيد على ١٨٠ دب. كما أن أغنية الحوت الأزرق قد تحدث صدى عبر المحيط يسمع من الساحل إلى الساحل.



تتكون أغنية الحوت الأحدب من زئير وتأوه وصوت صارخ وسقسقة تتكرر مرات ومرات.

تستفيد كثير من الحيتان، بما فيها الحوت ذو الزعانف والحوت الأزرق، من قناة معينة في المحيط ينتقل الصوت خلالها بشكل جيد، وهذا العامل يتغير مع اختلاف العمق. فعلى عمق ١٥٠٠م تحت سطح المحيط توجد طبقة خاصة من الماء تتكون بفعل حرارة وملحية وضغط المياه وتؤدي توافقية هذه العوامل إلى إحداث طبقة من الماء تؤدي دور القناة، تحتوي الصوت بداخلها. فالموجات الصوتية ترتد إلى أعلى وأسفل هذه القناة، بالضبط وكأن أعلى وأسفل هذه القناة مصنوعان من مادة صلبة؛ ولهذا السبب ينتقل الصوت بمد هذه القناة آلاف الكيلومترات دون أن يضعف. وتستغل الحيتان هذه الميزة للتراسل مع الحيتان الأخرى عبر المسافات البعيدة على الجانب الآخر من المحيط.

كما أن أساطيل بلدان كثيرة أيضًا تستغل قنوات الصوت هذه في البحر، وهذه القنوات تستخدم في عملية تسمى تحديد وتقصي مدى الصوت (المعروفة اختصارًا صوفار)؛ لأن الصوت ينتقل بشكل جيد للغاية. فمثلاً: تستطيع سفن الأسطول تتبع الغواصات، ولسوء الحظ فإن هذا يعني أن أغاني الحيتان التي وصفناها، ستدخل في منافسة مع جميع الأصوات التي صنعها الإنسان، وحاول نقلها عبر هذه القناة، وكذا بنفس الدرجة، مع جميع الأصوات بالقرب من السطح التي تصدرها أساطيل النقل الحديثة.

كثير من السفن الحربية تستفيد من قنوات الصوت في المحيطات.

الآلات الموسيقية

ما الفارق بين صوت العصافير والضوضاء؟

ب

تتولد النغمات الموسيقية، مثل كل الأصوات، نتيجة موجات من الضغط الناشئ في الأجسام المهتزة، ويمكن صناعة الآلات الموسيقية من قطع من الخشب، والمعدن، وأوتار وحتى أنابيب عمود مهتز من الهواء.

تعتمد نغمات الآلات الموسيقية على جواب النغمة، ففي كل مرة ترقى نغمة الصوت جوابًا واحداً يتضاعف تردد ذلك الصوت. تتطلب معظم الأجهزة شكلاً من أشكال تضخيم الصوت الذي تحدثه، فمثلاً: لا يحدث وتر بمعزل عن الكمان صوتًا ذا قيمة كبيرة عند النقر عليه، ولكن إذا تم وضع ذلك الوتر مشدودًا على صندوق فارغ، فإن الصوت الناتج يكون أعلى؛ لأن كلاً من الصندوق والهواء داخله يهتزان في وقت واحد مع الوتر. وهذا الرنين يؤدي إلى تضخيم الصوت.

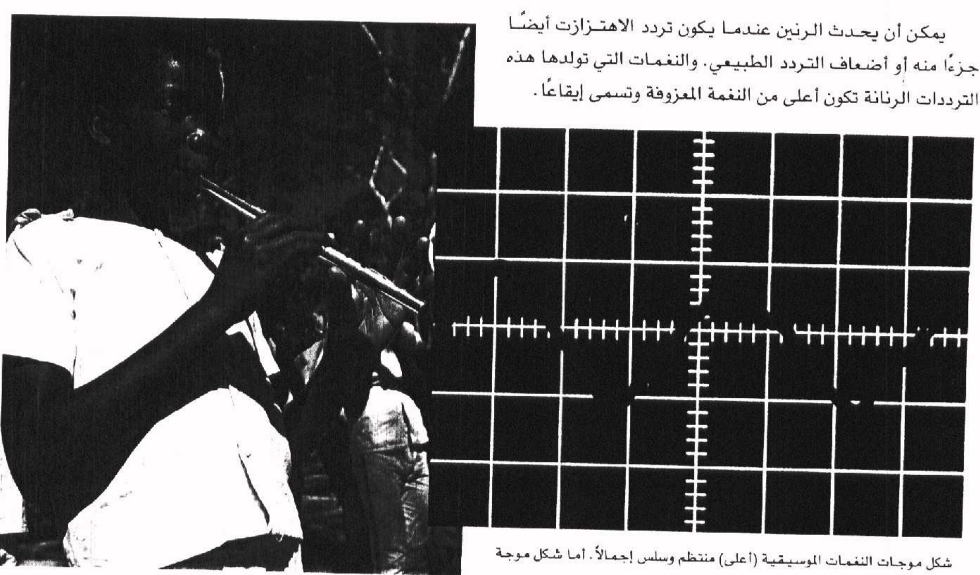


يقوم مكبر الصوت بتضخيم الأصوات التي تحدث نتيجة تردد الصوت.

تحدث الآلات الموسيقية الضخمة نغمات منخفضة بالطريقة نفسها التي تحدث بها الحيوانات الضخمة أصواتًا عالية منخفضة التردد. فمثلاً؛ يستطيع طفل صغير أن يغني محدثًا نغمات أعلى من تلك التي يحدثها شخص بالغ، وهناك متوالية مشابهة تتمثل في الانتقال من الكمان إلى القيثارة إلى التشيلو. وآلة النفخ، مثل الناي، بها عدد من الفتحات بطول الأنبوب. وعند العزف على الآلة يتم سد بعض هذه الفتحات كما يتم كشف بعضها الآخر. هذا يؤدي إلى تغيير التردد الذي تحدث به الآلة رنينًا، ومن ثم تغيير النغمات.

تعتمد آلات النفخ على الرنين الذي يحدث داخل الأنبوب.

يمكن أن يحدث الرنين عندما يكون تردد الاهتزازت أيضًا جزءًا منه أو أضعاف التردد الطبيعي. والنغمات التي تولدها هذه الترددات الرنانة تكون أعلى من النغمة المعزوفة وتسمى إيقاعًا.



شكل موجات النغمات الموسيقية (أعلى) منتظم وسلس إجمالاً. أما شكل موجة الضوضاء فيكون غير منتظم وخشن.

الآلات الوترية

تصدر الأصوات من الآلات الوترية بالنقر على الأوتار أو الضرب عليها أو بتمرير قوس عليها. عازف الجيتار مثلاً يُحدث تلك الأصوات بالنقر على الأوتار، مستخدمًا إما أصابعه أو قطعة من البلاستيك تسمى ريشة العازف. ويتم التحكم في طول الوتر بأصابع العازف، التي تضغط على الأوتار التي يرفعها جسر معدني في منطقة أصابع العازف. وتعرف هذه القنطرة باسم عتبة الجيتار. ويتوقف صوت النغمة على طول الوتر، ودرجة شده وكذا سمكه، فإذا ما زيد شد وتر الجيتار، فإن الوتر سوف يهتز أسرع كما أن النغمة الصادرة ستكون أعلى، وتستخدم أوتار سميكة لإصدار نغمات منخفضة، وقد صممت أوتار الجيتار بهدف غايته أنه عندما تكون تلك الأوتار عند درجة الشد الصحيح، فإنها تحدث ست نغمات هي: (E) جـ، (A) أ، (D) ث، (g) خ، (B) ب، والتالية تكون (E) جـ.

إن كل نغمة موسيقية تتكون من نغمة أساسية أو ابتدائية، سويًا مع عدد من الأصوات الأعلى، التي تسمى إيقاعًا، في أي جيتار، يُحدث كل وتر حر -أي الوتر غير المشدود- صوت أساس مختلف، كل واحد بمجموعته الخاصة من الإيقاعات. وتسمع أذن الإنسان خليطًا من هذه الأصوات، لكن الأساس هو أقواها. بشد الوتر عند نقاط مختلفة، يستطيع العازف أن يقدم نغمات أساس مختلفة، كل منها سيكون له مجموعته الخاصة به من الإيقاعات (انظر الرسم التوضيحي أسفل). والشيء الذي يعطي لكل آلة صوتها المميز (نوعية الصوت) هو خليط الأصوات الأساس والإيقاعات المصاحبة لها.

كثير من الفرق الموسيقية تستخدم آلات كهربائية. ومعظم الفرق الحديثة تستخدم جيتارين كهربيين أو أكثر، يُصدر كل منها صوتًا مختلفًا. فالجيتار الرئيس له ستة أوتار بينما الجيتار التابع له أربعة فقط. والجيتار الكهربي نحيف نسبيًا ذلك أن عملية تضخيم الصوت كاملة تقوم بها الإلكترونيات، حيث يتم تضخيم الإشارات الكهربية في وحدة تضخيم الصوت ثم ترسل إلى مكبر الصوت الذي يولّد الموجات الصوتية.

؟ هل يمكنك تسمية آلتين تحدثان الصوت بنقر الأوتار، وآلتين تحدثان الصوت بضرب الأوتار، وآلتين أخريين بتمرير قوس على أوتارها؟

! إبان أواخر القرن السابع عشر وأوائل القرن الثامن عشر، صنع أنطونيو ستراد يفاريوس عددًا من أفضل القيثارات في العالم. ولقد عجزت التقنية الحديثة أن تحصل على نوعية الصوت التي أتت من الآلات التي صنعها أنطونيو بيديه.

٨

٧

٦

٥

٤

٣

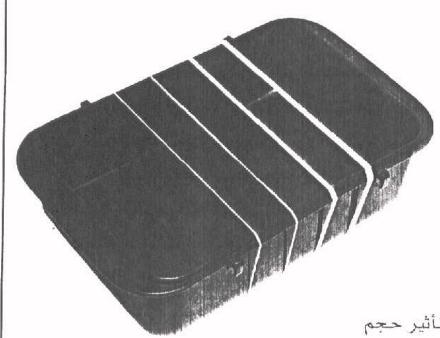
٢

١

في هذا الرسم، يمثل الخط الأسفل (١) اهتزازة وتر تم نقره، ويسمى هذا أساسًا، ومن ثم يتحرك الوتر كله (١) إلى أعلى وإلى أسفل. في الوقت نفسه تحدث اهتزازات أخرى على طول الوتر فيتحرك النصفان إلى أعلى وإلى أسفل (٢). وأيضًا تتحرك الأجزاء الأصغر إلى أعلى وإلى أسفل كل على حده (٢-٨). وتحدث كل مجموعة من الاهتزازات إيقاعًا مختلفًا أعلى من حيث نغمة الصوت من الأساس. وإذا كان النغم الأساس في هذه السلسلة هو جـ، إذن سيكون الإيقاع الثاني والرابع والثامن أيضًا جـ يعلو كل واحد منها الآخر بجواب واحد فقط.

تجربة

جيتار بسيط



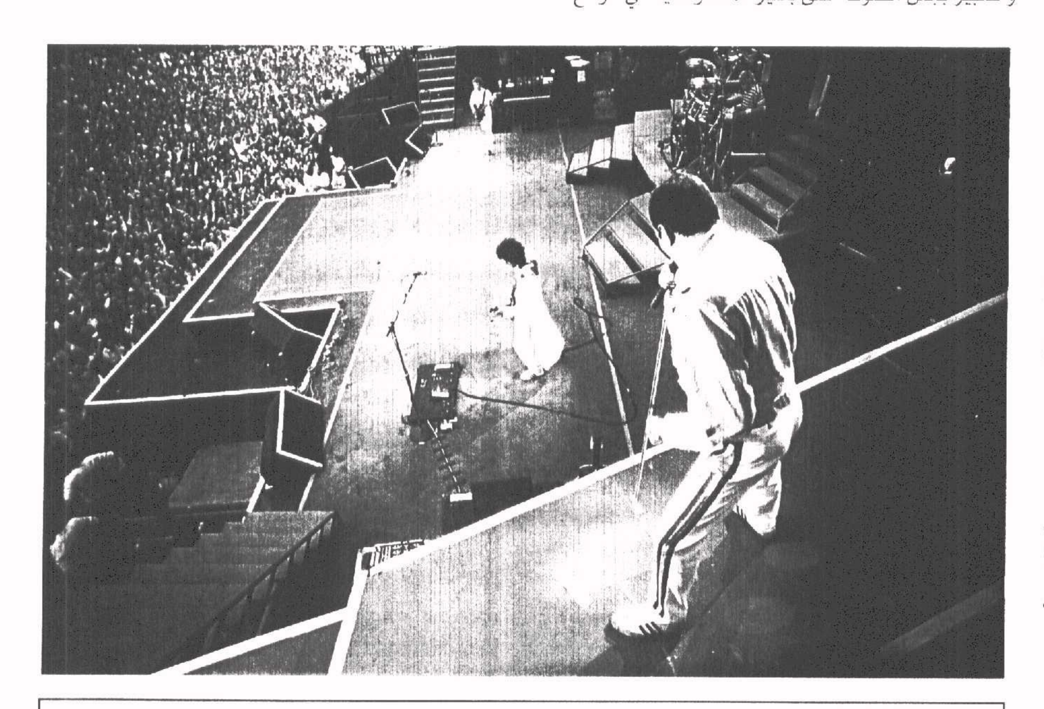
يمكنك أن تصنع جيتارًا بسيطًا وبه صندوق الصوت (الغرس) من المواد الأولية بالبيت. ستحتاج إلى إناءين من البلاستيك دون أغطية، أحدهما صغير والآخر أكبر، ومجموعة من الحلقات المطاطية بأسماك مختلفة.

١- شد الحلقات المطاطية حول أحد الإنائين كما في الصورة.

٢- انقر على تلك الحلقات لتكتشف الصوت الذي تحدثه. ما الفارق بين الصوت الذي تحدثه الحلقة السميكة والحلقة الأقل سمكًا؟

٣- كرر التجربة باستخدام الحلقات المطاطية على الإناء الثاني. ما هو تأثير حجم الصندوق هذه المرة على الصوت الناتج؟

يقوم النظام الصوتي في الفرق الموسيقية الحديثة المكونة من آلات متنوعة على خليط من أصوات تلك الآلات الموسيقية، وتقوم لاقطات الصوت وأجهزة التضخيم والتكبير بجعل الصوت أعلى بكثير مما هو عليه في الواقع.



آلات النفخ

تعمل آلات النفخ حسب نظام يختلف عن الآلات الوترية، ذلك أنه يتم نفخ الهواء فيها. ويهتز عمود الهواء الذي يحتبس في داخلها. ويتحدد تردد الصوت الناتج عن هذه العملية بطول الأنبوب. وعليه فإن آلات النفخ الأطول ستحدث النغمات الأضعف ترددًا. فعمود الهواء الذي يتم نفخه في الفلوت، يهتز أسرع من ذلك الذي ينفخ في آلة أكبر مثل المزمار؛ ولذا فهو يحدث نغمات أعلى ترددًا. ويمكن تغيير نغمة كل صوت بتغيير الطول المؤثر للأنبوب، يحدث ذلك في آلة المترددة (الترومبون) بأن ينزلق جزء على شكل حرف لـ جيئة وذهابًا، وهذا من الناحية الفعلية يقوم بتطويل وتقصير الفراغ الهوائي. على أي حال؛ كثير من آلات النفخ، مثل الفلوت ذي الثمانية ثقوب (الريكوردر) أو المزمار (الكلارينيت) لها أنابيب ذات أطوال ثابتة. ويتم تغيير طول الأنبوب بفتح أو تغطية ثقوب موجودة على جانبه، وهي التي تولد النغمات الموسيقية الصحيحة.

آلة الفلوت لها طول ثابت، إلا أنه يمكن تغيير طول الأنبوب كما يمكن إحداث نغمات مختلفة بالضغط على مفاتيح معينة.





لماذا تعتقد أنك تسمع صوت البحر عندما تضع صدفة بحرية على أذنك؟

تجربة

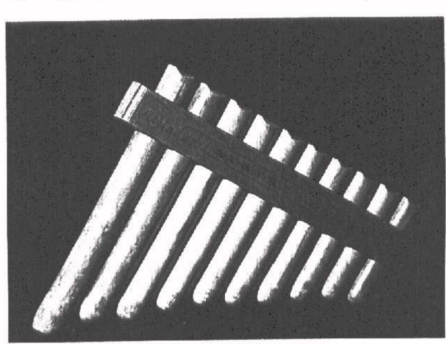
المصفار

المصفار شكل قديم من الآلات الموسيقية يتكون من سلسلة من الأنابيب بمقاسات مختلفة.

نتيجة النفخ في الأنابيب يحدث أن يهتز الهواء الذي بداخلها. وحيث إن الأنابيب بأطوال مختلفة، فإن الأصوات الناتجة ستكون متعددة، ستحتاج في هذه التجربة إلى خمسة أنابيب (من حلقات الورق المقوى، إسطوانات الطرود، أو حتى الأنابيب المطاطية)، قطعة من الورق المقوى القاسي بطول ٣٠سم، وعرض ١٠سم، مقص وشريط لاصق.

١- قص الأنابيب بأطوال مختلفة، مثلاً: ١٠٠سم، ٧٥سم، ٥٠سم، ٢٥سم، ١٢سم.

٢- باستخدام الشريط اللاصق، ثبت الأنابيب حسب طولها على الورق المقوى.



٣- قبل العزف على هذه الأنابيب، قف في غرفة فيها بعض الموسيقى أو أشخاص يتحدثون. استمع إلى الأصوات التي تصل إلى الأنابيب على الترتيب.

قارن بين الأصوات التي تسمعها في كل أنبوب، ستكون الأصوات التي بالغرفة خليطًا من الترددات، لكن الأنابيب تقوم بفصل كل تردد على حدة. فالأنابيب الأطول ستلتقط الترددات الأقل، حيث إن عمود الهواء في الأنبوب هو الأطول، كما أن الهواء يهتز بشكل أبطأ. هل هناك فارق بين أن تضع أذنك مباشرة على حافة الأنبوب، وبين أن تقربها من الأنبوب فقط؟

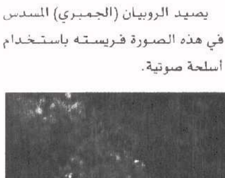
٤- الآن حاول واعزف على الأنابيب بالنفخ في أطرافها، ما هو نوع الصوت الذي تحدثه؟

الطبول

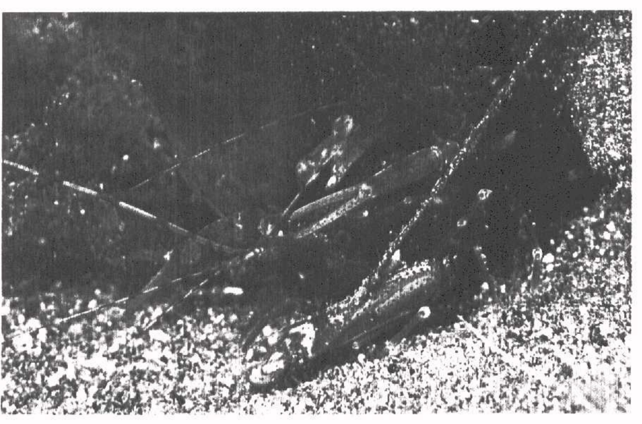
! كيف يؤثر شد جلد الطبلة على النغمة التي يمكن إحداثها؟

الطبلة واحدة من أقدم جميع الآلات الموسيقية، وهي موجودة في كل أنحاء العالم، وتأخذ جميع الأشكال والأحجام. وطريقة تركيبها بسيطة إلى أبعد حد. يتم شد جلد ما فوق وعاء مفرغ، حتى إذا ضُرِبَ الجلد باليد أو بالعصى، يهتز الجلد والهواء الذي بالداخل ليحدث ضربة طبلة (انظر صفحة ٤) والنغمة، الصادرة تتوقف على عدد من العوامل: منها حجم رأس الطبلة. فكلما كان رأس الطبلة كبيرًا، كلما كان تردد النغمة منخفضًا. كما أن شد جلد الطبلة أيضًا له تأثير هام على النغمة، وهذا يرجع إلى أن جعل الجلد مشدودًا أكثر سوف يقلل من حدوث الصوت، كما أنه يؤدي إلى رفع نغمته قليلاً. كما أن حجم الهواء داخل الوعاء يؤثر على نبرة صوت النغمة، فكلما كان حجم الهواء أكبر بداخل الطبلة، كلما كانت النغمات أكثر انخفاضًا.

أسلحة الصوت



يصيد الروبيان (الجمبري) المسدس في هذه الصورة فريسته باستخدام أسلحة صوتية.



يمكن أن يصبح الصوت مصدرًا خطرًا للحيوانات، فهو يستطيع أن يدمر الأذن بل يستطيع أن يقتل، وبعض الحيوانات تستفيد من قوة الصوت عندما تصيد فريستها، ومثال ذلك، أن الروبيان المسدس يستخدم الصوت ليصعق الأسماك الصغيرة.. لذلك النوع من الروبيان مخلب خاص مشقوق، يظل مفتوحًا بفعل قرصين يثبتان في مكانيهما بتأثير قوة شفط الروبيان للماء. وعندما يقفل ذلك المخلب تتباعد الاسطوانتان، مطلقتين الماء الذي بداخلها، ويصاحب ذلك حدوث صوت قرقعة. هذه القرقعة كافية لأن تسمع تحت الماء على بعد كيلومتر واحد. وأي سمكة في حدود بوصات قليلة عن الروبيان تصعق للتو. حيث تفقد السمكة توازنها، فيمسك بها الروبيان ويصدر مزيدًا من القرقعات ليقتلها ومن ثم يلتهمها.

يصيد حوت العنبر فريسته أيضًا بصعقها بالصوت. ويستطيع حوت العنبر أن يصدر زخات قوية من الأصوات داخل سلسلة معقدة من الممرات الأنفية. يتم تضخيم تلك الأصوات بمعرفة عضو خاص مليء بالزيت في رأس الحوت. وعندما ينطلق ذلك الصوت، يمكن تركيز طاقته في شكل طلقة صوتية تصل إلى ٢٦٥ ديبيل (دب). وهذه الطلقة قوية لدرجة أنها كفيلة بقتل الحبار والأسماك الصغيرة، الأذن البشرية تصاب بالأذى عند سماع أصوات بقوة ١٥٠ دب. الحيتان الأخرى ذات الأسنان، مثل الحوت ذي الزعانف، تستخدم طريقة الصعق بالصوت لتجعل أفواج الأسماك تفقد توازنها واتجاهها، ذلك أن صيد الأسماك أسهل بالنسبة للحوت. من الصعب أن نتصور كيفية حدوث الصوت، ولكنه قريب الشبه بأخذ نفس طويل، ثم إطلاقه مرة واحدة، فيندفع الهواء إلى الخارج ويلفظ الزور صوتًا، بالأحرى هو أشبه بعملية العطس!

كلمات أساسية

- **الصوت الأساس:** هو الإيقاع الأقل انخفاضًا بين النغمات الموسيقية.
- **الإيقاعات:** هي سلسلة من الاهتزازات الجزئية ستتحد معًا لتكون نغمة.
- **الحنجرة:** هي العضو المسؤول عن توليد الصوت في الثدييات.

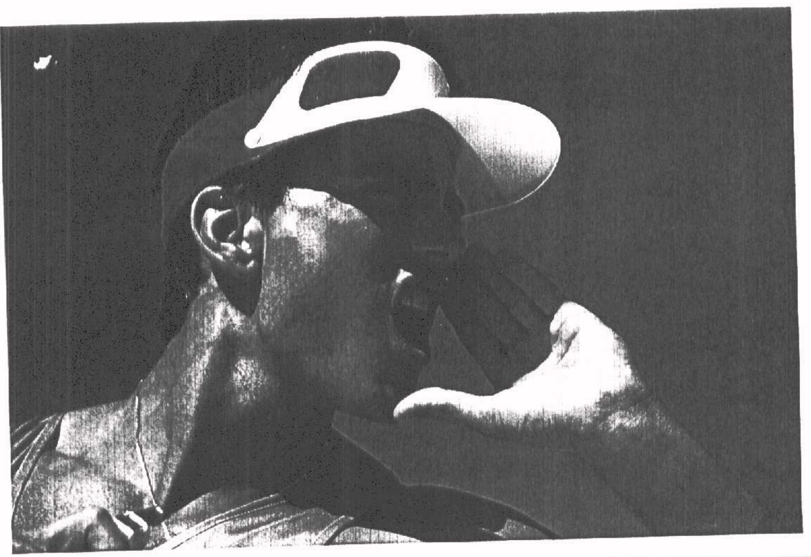
تضخيم الصوت وعزله

غالبًا ما يكون مفيدًا أن نستطيع تكبير الصوت، بغية وصوله إلى مسافات أبعد، وفي أوقات أخرى من المهم أن نستطيع خفض مدى صوت ما، ويسمى العلم الذي يختص بدراسة سلوك الصوت علم الصوت (أكوسيتكس).

تكبير الصوت

عندما يصدر صوت ما؛ فإنه ينتشر من المصدر الذي أتى منه، وبسبب الانتشار يصبح الصوت منخفضًا تدريجيًا عند انتقاله إلى الخارج. على أي حال: من الممكن توجيه الصوت بغرض انتقاله بشكل أقوى في اتجاه واحد، وعلى سبيل المثال، إذا أراد شخص أن يجعل آخرًا يسمعه بشكل أسهل، فإنه يكور يديه حول فمه لتركيز الصوت في اتجاه معين، والذي يحدث هو تكبير لمستوى الصوت، بفعل البوق -وهو آلة- الشيء الذي تفعله اليدان المكورتان، باستخدام شكل يشبه قرن الحيوانات لتوجيه الصوت. والأبواق الحديثة أيضًا تستخدم الإلكترونيات لتزيد قوة الصوت عند مصدره. ومكبرات الصوت جيدة التوصيل والأداء (هاى. فاى) تتركب من أقماع من الورق، التي تؤدي نفس الوظيفة في نقل وتكبير الصوت (انظر صفحة ١٥).

تستخدم مكبرات الصوت في العالم الطبيعي أيضًا. ومثال ذلك كيس الهواء الموجود في حلق ذكور البرمائيات مثل الضفادع التي تعيش في الماء وضفدع الطين (انظر صفحة ١٩)، ذلك الكيس يحوي كثيرًا من الهواء الذي يحدث رنينًا، يساعد هذا في تكبير نداء ذكور الضفادع حتى يمكن أن تسمعها إناثها.



يشكل تكوير اليدين بوقًا طبيعيًا، وتوجيه الصوت بهذه الطريقة يساعد الناس في الاتصال ببعضهم عبر مسافات أطول.

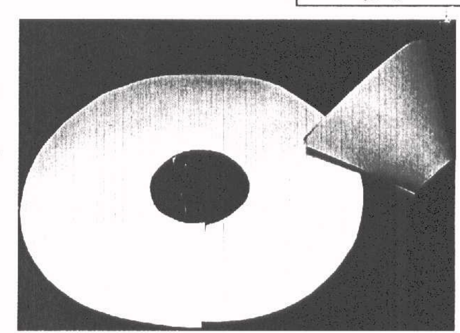
ويصدر ذكر الجدجد (صرار الليل) نداء التزاوج بحك جناحيه إلى جسمه، تماماً كما يفعل الجراد. على أي حال؛ لضمان وصول الصوت إلى الأنثى يقوم ذكر الجدجد ببناء مكبر للصوت. ذلك أنه يحفر جحراً في باطن الأرض ويقوم بشق تجويف صوتي في آخر الجحر المحفور. وهذا التجويف يساوي بالضبط الحجم والشكل الصحيح لإحداث رنين بنفس تردد الأصوات التي يطلقها الجدجد عندما يحك جناحيه. ويستطيع أن يختبر ما إذا كان ذلك التجويف الصوتي يحدث رنيناً بشكل صحيح أم لا بتقصي التغيرات التي تحدث في ضغط الموجات التي يحدثها الصوت المنطلق من جناحيه. وذلك التجويف الصوتي يشبه إلى حد كبير في وظيفته مكبر الصوت، الذي يشبه قرن الحيوان الذي كان يلحق بجهاز الفونوغراف (الحاكي) قديماً.



يبني الجدجد (صرار الليل) تجويفاً صوتياً لتضخيم نداء التزاوج، وقد اعتمدت مكبرات الصوت التي صنعها الإنسان على شكل قرن حيوان في أجهزة الفونوغراف (الحاكي) القديمة نفس الطريقة.

تجربة

كيف تصنع بوقاً؟



في هذه التجربة ستكتشف الطريقة التي تستطيع بها تكبير الموجات الصوتية لصوتك.

ستحتاج لقطعة كبيرة من الورق المقوى، ومقص وشريط لاصق وصديق ليساعدك.

١- قص دائرة من الورق بقطر ٦٠سم وبداخلها ثقب بقطر ١٥سم. قص الدائرة الورقية من الخارج إلى الداخل حتى الثقب الدائري في وسطها.

٢- لف الدائرة محولاً إياها إلى شكل قمع ثم ثبته باستخدام الشريط اللاصق.

٣- انطلق إلى خارج البيت ومعك البوق الذي صنعته لتوك. اطلب من صديقك أن يقف على بعد عشرة أمتار. تحدث معه بالصوت المعتاد. هل يمكنه أن يسمع صوتك؟

٤- أعد نفس الكلام الذي قلته المرة السابقة ولكن في هذه المرة باستخدام البوق بأن تقربه من شفتيك وأن تتكلم فيه، هل يحدث هذا أي اختلاف فيما يتعلق بارتفاع الصوت؟ هل تؤثر المسافة بينك وبين صديقك في حدوث أي اختلاف؟

٥- كرر هذه التجربة باستخدام بوق أصغر. قلل دائرة الورق المقوى ليصبح قطرها ٥٠سم فقط. كيف يمكنك تطوير هذه التجربة؟ كيف يمكنك قياس ارتفاع صوتك بشكل أكثر دقة؟

علم الصوت

تتوقف نوعية الصوت في قاعة للحفلات الموسيقية على خصائص الصوت التي تم مراعاتها عند التصميم. فالطريقة التي ينتقل بها الصوت حول القاعة مهمة؛ لذا فإن التصميم الجيد أمر هام جدًا. في المباني الحديثة تُختبر خصائص الصوت بمعرفة نماذج مقياسية للقاعة. فقاعة الموسيقى الجيدة لا تسعى إلى تقليل كل الأصداء التي يحدثها الصوت (الأصوات المنعكسة)، حيث إن ذلك من شأنه أن يجعل الصوت في القاعة منخفضًا جدًا ولا حياة فيه. وفي الحقيقة أن الصدى يجعل الصوت غنيًا أكثر؛ ولذا فإن القاعة الموسيقية يجب أن تستفيد من صدى الصوت. كما أن قاعة الموسيقى يجب أن تصمم بحيث يتمكن كل واحد من الحضور من الاستماع جيدًا. لذا يصبح ارتداد الصوت عاملاً مهمًا في لذة الاستماع.

والارتداد يحدث عندما نظل نسمع صوتًا وهو يخفت بعيدًا عنا لبضع ثوان بعد توقف الموسيقى عن عزف اللحن الذي يصل أسماعنا. ومعظم قاعات الحفلات الموسيقية مصممة لتحفظ ارتداد الصوت مدة ثانيتين. ولكن في إحدى القاعات الكبرى، قد يطول هذا الوقت ليصل إلى ثمانية ثوان. فالوقت الأطول للارتداد الصوتي يأتي بصوت مختلف.

وأيضًا؛ يتجنب المصممون استخدام الكثير من الأثاث المحشو، والسجاد والأشياء التي تعلق على الجدران في قاعة الموسيقى، حيث إن هذه الأسطح تمتص الصوت، وهم يتجنبون أيضًا الكثرة الزائدة من الأسطح الصلبة أو المستوية التي قد تزيد وقت ارتداد الصوت. وبدلاً من ذلك، يفضلون استخدام الأسقف المعلقة والتجويفات ذات الزوايا التي تعكس الصوت باتجاه المستمعين.

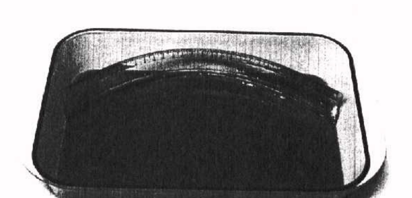


تستخدم قاعات الحفلات الموسيقية الحديثة مصدات (عاكسات للصوت) معلقة في أسقف القاعة لتحسين نوعية الصوت.

تجربة

استخدام التموجات الصوتية

إذا ألقيت حجرًا في بركة ماء ستنتشر فيها تموجات من نقطة إلقاء الحجر في شكل دوائر حتى طرف البركة (انظر صفحة ٦)، والسرعة التي تسري بها هذه التموجات تتوقف على عمق الماء في البركة.



وإذا ارتدت التموجات متخذة شكل سطح منحنٍ فإنها تنتقل في خط مستقيم خلال الماء. على أن الكثير من القاعات الموسيقية بها جدران منحنية الأوجه خلف الحضور وخلف خشبة المسرح، وهذا يساعد في انعكاس الصوت باتجاه الحضور.

في هذه التجربة ستستخدم إناءً به ماء ضحل ليعمل كخزان لتموجات الصوت. وستحتاج إلى صينية خبز كبيرة وعميقة، أو إناء آخر مشابه، قليل من الحبر، قطارة، شريط مرن من المعدن أو البلاستيك (كالمسطرة مثلاً) وساعة إيقاف.

١- املأ الإناء حتى ١٠-١٥مم ماءً. ارفع الإناء حتى ١سم تقريبًا ثم أنزله برفق. راقب تموجات الماء وهي تتحرك في الإناء. استخدم ساعة الإيقاف لتقيس الزمن المستغرق في وصول التموجات إلى طرف الإناء. وقد تحتاج إلى تكرير هذا مرات عديدة حتى تصل إلى متوسط القراءة.

٢- أعد التجربة ولكن مع إضافة مزيد من الماء ليصل إلى عمق ٢٠مم، ما تأثير عمق الماء على سرعة حركة التموجات؟

٣- املأ القطارة بقليل من الحبر. وبعناية أفرغها في وسط الإناء، لاحظ السرعة التي تنتشر بها التموجات، والحبر سيساعدك في معرفة ما يحدث بوضوح.

٤- املأ الإناء بماء جديد، ضع الشريط البلاستيكي في وسط الإناء متخذًا شكلاً منحنيًا وذلك بوضع أحد طرفيه عند طرف الإناء ليمثل شكل الجدار الخلفي، في المسرح (كما في الصورة) واملأ القطارة حبرًا ثم اسكبه في مركز الإناء كما في المرة السابقة، سل نفسك: كيف أثر الجدار المنحني في حركة التموجات؟

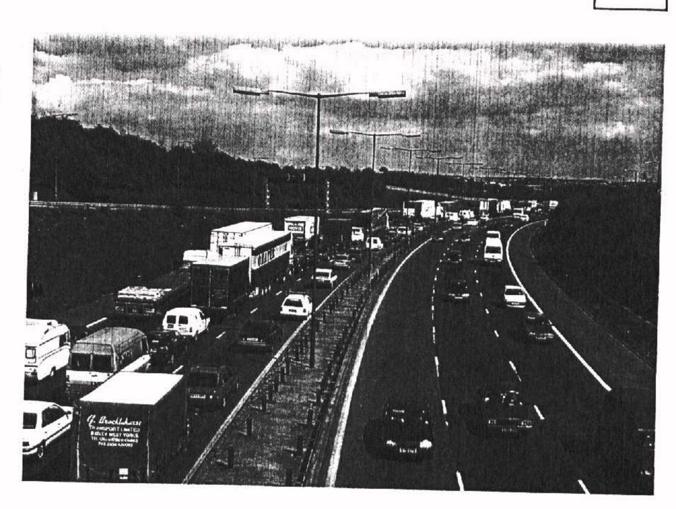
الضوضاء

في دنيانا أصوات مختلفة، بعضها سار والبعض الآخر أقل جاذبية، والضوضاء صوت لا يبعث على السرور وأنت لا ترغب سماعه عادة، والصوت الموسيقي سار أكثر للأذن؛ لأن الصوت يتكون من نغمة أساسية وعديد من الإيقاعات (راجع صفحة ٢٤) كما أن للصوت شكلاً موجيًا منتظمًا فإن الضوضاء في الجانب المقابل، ليس لها شكل منتظم للموجات الصوتية، حيث إنها تتكون من ترددات لا يربطها رابط واحد، فمصدر الأصوات (الضوضائية) غالبًا ما يكون متنوعًا، حيث إنها تتولد من موجات صوتية غير منتظمة تنتج من الاحتكاك (أي حك سطحين ببعضهما) والاصطدام.

ويعرف الصوت العشوائي، الذي يحدث بصورة مفاجئة تمامًا، باسم (الضوضاء الكاذبة) ولا يتفق الناس دومًا حول تعريف (الضوضاء) وتعريف الصوت.

!

تعاني الحيتان من التلوث الضوضائي. استخدم بحث، يشمل الكرة الأرضية أجري في السنوات القليلة الماضية، قنوات الصوت في المحيطات (راجع صفحة ٢٢) لإرسال إشارات ذات ضوضاء عالية، هذه الإشارات تتداخل مع اتصالات الحيتان ببعضها.



غالبًا ما تزرع الأشجار على جانب الطرق الرئيسة كي تساعد في التقليل من الضوضاء الناتجة عن مرور السيارات.

الآلات غالبًا ما تكون مسؤولة عن إصدار الضوضاء ويمكن أن تكون مثيرة وخطيرة، وحتى يمكن أن نعدها شكلاً من أشكال التلوث البيئي. ويُعد تحرك السيارات على الطرق مصدرًا شائعًا من مصادر الضوضاء التي تتولد في معظم الأحيان من صوت احتكاك الإطارات بأسطح الطرق، وأيضًا بسبب دفع الهواء بعيدًا عن جانبي السيارة لتشق طريقها وأيضًا من الضوضاء الناجمة عن صوت المحرك.

بعض اجهزة الستريو الشخصية تصدر أصواتًا تتعدى ١٢٠ دب خارج نطاق أذن الانسان. وقد تكون الضوضاء المماثلة في أحد المصانع غير قانونية إذا ما استمرت أكثر من خمس عشرة ثانية.

السواتر الحية من الأشجار قد تتخذ كحاجز صوت فعال، فعادةً ما نرى الأشجار وقد زرعت بمحاذاة طرق السيارات والطرق الرئيسة الأخرى في محاولة للتقليل من شدة الصوت الذي ينتقل بعيدًا عن الطرق، ذلك أن أوراق الأشجار تعكس الأصوات وتمتصها بطريقة تشبه المواد التي يصنعها الإنسان لتعكس الصوت وتمتصه.

عزل الصوت

يعرف عزل الصوت بأنه عملية ترمي إلى خفض نسبة الضوضاء. كما يمكن تقليل الضوضاء العشوائية وغير المعتادة، وفي بعض الأحيان القضاء عليها كاملة باتباع عدد من الأساليب المختلفة، وثمة طريقة أساسية للتقليل من شدة الصوت هي امتصاص الاهتزازات اعتمادًا على نظرية أن أي جسم يهتز سيحدث صوتًا. وهذا يشبه إلى حد بعيد امتصاص الصوت في المباني والسيارات (انظر ص١١). ومعروف أن الصوت ينتقل بأفضل ما يمكن في المواد الصلبة أو السوائل، إلا أنه ينتقل في الهواء بجودة تقل كثيرًا عن الوسطين السابقين (انظر صفحة ٥)، والأجسام المرنة التي تحوي عددًا من الفجوات الهوائية لا توصل الصوت بنفس الجودة كالأجسام الصلبة. لذا تصبح مواد كالمطاط الرغوي، والمواد الشبيهة الخفيفة، التي تحوي هواءً بداخلها، مثالية في عزل الصوت توضع ألواح من هذه المواد حول مصدر الضوضاء، لتمنع تسربها بامتصاص طاقة الصوت فيها. ويجب على الأشخاص الذين يعملون في الأماكن التي تعج بالضوضاء مثل المطارات، وإنشاء الطرق وميادين ضرب النار، يجب عليهم أن يلبسوا غطاء الأذن لحماية آذانهم من الضوضاء الزائدة. وغالبًا ما تتكون أغطية الأذن هذه من قشور رغوية مصفوفة لتمنع وصول الصوت.

في بعض الغرف التي يعزل فيها الصوت بصفة خاصة. المسماة بالغرف التي ليس لها صدى صوت، نجد الجدران تمتص ٩٩٪ من طاقة الصوت الذي يصلها. وتلك الغرف هادئة لدرجة أنك تستطيع أن تسمع الطعام وهو يتمخض (يتحرك بقوة) في معدتك كما أنك تستطيع أن تسمع الدم وهو يضخ في عروقك.

يرتدي العاملون بالخدمة الأرضية في المطارات واقيات لآذانهم لتكتم صوت محركات الطائرات.

غالبًا ما يستخدم العلماء غرفًا ليس لها أن تحدث صدى (أعلى) ليختبروا أجزاءً من بعض المعدات.

ب

ما أهم مصادر الضوضاء في بيتك أو مدرستك؟ كيف يمكن تقليل تلك الضوضاء؟

وفي بعض الأحيان تصنع خصيصًا لتمتص فقط ترددات معينة لصوت ما؛ وذلك بغية إبقاء إمكانية سماع الحديث مثلاً قائمة. يمكن تقليل الضوضاء في المباني السكنية بفرش سجادات سميكة ووضع ستائر ثقيلة وتغطية الجدران بطبقة ناعمة كورق الحائط أو الدهان.

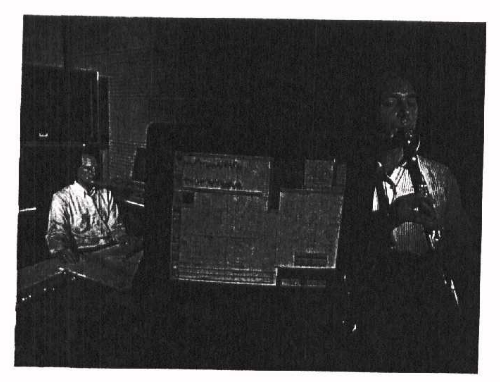
ويعمل البلاط الذي يمتص الصوت أو البلاط الصوتي على مبدأ مشابه، فهو أيضًا يحوي فراغات هوائية لامتصاص الطاقة، وهو مصمم بطريقة خاصة كي لا تنعكس الطاقة الصوتية عائدة إلى الغرفة. وهذا ما يجعله مناسبًا بصفة خاصة للاستخدام في استوديوهات التسجيل، حيث من الممكن أن يتشتت صوت الآلات الموسيقية لو كانت هناك أصداء مرتدة من الجدران.

يُعد الزجاج المزدوج في النوافذ أحد الوسائل الناجعة في التقليل من الضوضاء، ذلك أن لوحي الزجاج يفصل بينهما الهواء. على أي حال؛ تصمم الفجوة الهوائية في الزجاج المزدوج لتقلل من فقد السخونة، والفجوة الهوائية الأكبر تكون أفضل في عزل الصوت. وهذا يفسر السبب في أن فنادق المطارات تستخدم ثلاثة ألواح من الزجاج في نوافذها، فيكون هناك فجوتان هوائيتان في النافذة الواحدة، وذلك الإجراء مناسب لأن تلك الفنادق تعاني بصفة خاصة من ضوضاء عالية المنسوب، وتفسير ذلك أن فجوة هوائية واحدة تكون هي الأفضل للاحتفاظ بالحرارة، أما الأخرى فقد صممت للتقليل من الضوضاء.

كلمات أساسية

- **علم الصوت:** هو دراسة سلوك الصوت في مكان أو فراغ معينين، مثل قاعة الحفلات الموسيقية أو استوديوهات التسجيل.
- **الضوضاء:** هي نمط موجات الصوت غير المعتادة تتكون من ترددات لا تربطها ببعضها أي صلة.
- **ارتداد الصوت:** هو صدى حدث منذ ثوان مضت.
- **عزل الصوت:** هو تقليل عملية نقل الصوت بطريقة اصطناعية.

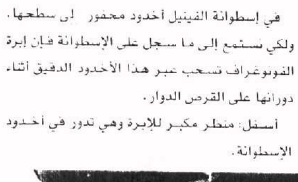
تسجيل الصوت واستعادته



تختبر الأصوات التي تسجل في الاستوديو أولاً للتأكد من أن الإشارة قوية بقدر يسمح بتسجيلها.

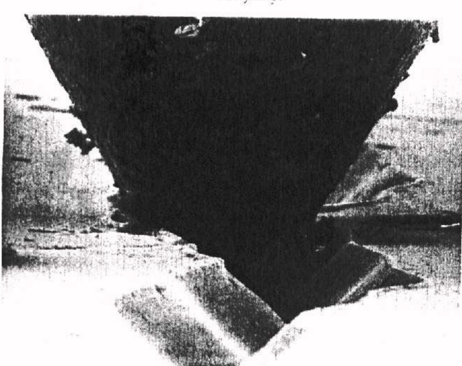
نعرف أن الأصوات هي ببساطة سلسلة من موجات الضغط، تحدث تغييرات في ضغط الهواء (راجع صفحتي ٤-٥). لهذا؛ إذا أمكن تسجيل ضغط الهواء المتغير بدقة، فإنه يمكن استعادة الصوت لاحقًا. وحتى فترة متأخرة نسبيًا، كان تسجيل الصوت يتم طبق عملية مماثلة/ قياسية. والمصطلح (قياسية) هنا يعني أن المعلومات المتعلقة بتردد وارتفاع الموجة الصوتية تُمثل بإشارات كهربية مستمرة. على أي حال؛ المزيد والمزيد من عناصر عملية التسجيل واستعادة الصوت تستفيد من الأساليب الرقمية لتحسين نوعية استعادة الصوت. لنفهم الفرق بين (القياسية والرقمية)، علينا أن نفكر في الفارق بين الساعات التقليدية ذات العقارب والساعات الرقمية. فالساعة القياسية (التقليدية) لها عقربان؛ وموقع هذين العقربين يعطينا الوقت، بينما هما يتحركان على ميناء الساعة باستمرار. والساعة الرقمية بالمقارنة، تستخدم الأرقام لترينا الوقت مباشرة. والساعات الرقمية أدق بكثير من الساعات القياسية مثيلاتها، إلا أنها تومض منتقلة من رقم إلى آخر بدلاً من الظهور في حركة تدريجية (خطوة خطوة).

التسجيل القياسي



في إسطوانة الفينيل أخدود محفور لى سطحها. ولكي نستمع إلى ما سجل على الإسطوانة فإن إبرة الفونوغراف تسحب عبر هذا الأخدود الدقيق أثناء دورانها على القرص الدوار.

أسفل: منظر مكبر للإبرة وهي تدور في أخدود الإسطوانة.



في عملية التسجيل القياسي تتجمع الموجات الصوتية بمعرفة اللاقط (انظر صفحة ١٥) ثم ترسل إلى جهاز التسجيل كفرق جهد متغير باستمرار، وفي جهاز التسجيل يستخدم فرق الجهد المتغير هذا لتغيير مستوى المغناطيسية للشريط المغناطيسي، ويتم تحقيق ذلك باستخدام رؤوس تسجيل خاصة تولد مجالاً مغناطيسيًا. هذا المجال يحفظ ذرات المعدن الموجودة على سطح شريط التسجيل. وبينما يمرر الشريط على رأس التسجيل، تتغير قوة المجال المغناطيسي متناسبة مع الإشارات التي تصله من اللاقط. يقوم الشريط بتخزين التاريخ المغناطيسي لهذه التغيرات في طول الشريط. وعندما يراد استعادة الموسيقى التي على الشريط فثمة رأس لاستعادة الصوت قادرة على قياس قوة المجال المغناطيسي يستخدم لقياس مغناطيسية الشريط، من المهم جدًا أن تكون سرعتا التسجيل والاستعادة واحدة، يقوم رأس الاستعادة بإحداث تغيرات في فرق الجهد هي تقريبًا نفسها التي سجلها اللاقط، ثم يتم تكبير فرق الجهد هذا ومن ثم إرساله إلى مكبر الصوت، وهكذا تتم استعادة الصوت.

التسجيل الرقمي

أما التسجيل الرقمي فيستخدم طريقة مختلفة إلى حد بعيد. ذلك أن الإشارات الكهربية المستمرة التي تأتي من اللاقط تحول سريعًا جدًا إلى عينات بمعرفة دائرة كهربية تعرف باسم محول الإشارة القياسية إلى رقمية (أيه. دي. سي).

فتحول تلك الدائرة إشارة فرق الجهد الأصلية إلى سيل من الأرقام، كل واحد منها يمثل قيمة ذروة التيار عند نقطة معينة من الزمن. وهذه تأتي في شكل ثنائي (متتالية من الواحد ومضاعفاته والأصفار ومضاعفاتها). عندما تصنع الإسطوانات المضغوطة -التي عادةً ما تسمى سي. دي- فإن أرقامًا ثنائية تحضر في نُدب على سطح الإسطوانة باستخدام الليزر. وهذه العملية تُعد بمثابة تخزين للصوت. وعند استعادة الصوت تسلط أشعة ليزر، أقل قوة من تلك التي استخدمت عند التسجيل، على الإسطوانة المتحركة، ويتم تتبع الانعكاسات التي تأتي من النُدب على سطح الإسطوانة، معيدة تكوين متتالية الآحاد والأصفار التي سبق تسجيلها. هناك دائرة كهربية -هي العكس تمامًا من حيث الوظيفة لدائرة أيه. دي. سي. المستخدمة عند التسجيل- وهي تعرف باسم محول الإشارة الرقمية إلى إشارة قياسية (دي. أيه. سي). وهي تستخدم لتحويل المعلومات الرقمية إلى معلومات قياسية - أي إلى فرق جهد متغير باستمرار. في أثناء عملية التسجيل، تتم عملية تحويل الموجة إلى عينات بمعرفة أيه. دي. سي. في فواصل زمنية قصيرة جدًا أو تردد عال (يصل إلى ٤٤١٠٠ ضعف في الثانية)، ذلك أن الدوائر الرقمية تحتاج قدرة تخزينية غير محدودة للتعامل مع الإشارة المتغيرة باستمرار، وحيث إن الدوائر الرقمية تستطيع أن تعمل بسرعة، لذا فإنه إذا تم تحويل الصوت الأصلي إلى عينات بالسرعة الكافية فإن الأذن البشرية لا تستطيع اكتشاف أن شكل الموجة المستعادة تختلف قليلاً جدًا عن الأصلية، فمعروف أن حدود سمع الإنسان هي ٢٠ كهز (كيلوهيرتز)، في حين أن الإسطوانات المضغوطة يمكن أن تستعيد الصوت في حدود ٢٢ كهز، ولهذا يجب أن يكون معدل التحويل إلى عينات (أي، المعدل الذي يقيس به أيه. دي. سي. التيار ويحوله إلى معلومات متتالية ثنائية)، من الناحية النظرية ضعفي أعلى تردد للصوت حتى يتم تسجيله لإعطاء نتائج مقبولة. وهذا يعني، أنه ليتم تسجيل أصوات فيها ترددات تصل إلى ٢٠,٠٠٠ هز، فإن معدل التحويل إلى عينات بتردد ٤٠,٠٠٠ هز واستعادة الصوت رقميًا تقلل من الضوضاء غير المرغوب فيها في العمليتين.

آخر صيحة في الإسطوانات الشخصية المضغوطة (التي تسمى الإسطوانات المصغرة) أنها تستطيع تسجيل الصوت بدرجة تقترب من الكمال. وهي تستطيع تخزين ما مدته ٧٤ دقيقة من الصوت على إسطوانة قطرها ٥سم باستخدام أسلوب يسمى خفض معدل الرقمية الثنائية (بي. آر. آر) وهذا يقلل مقدار المعلومات الرقمية المطلوبة لاستعادة المادة الصوتية. والصورة تقدم جهاز تشغيل الإسطوانات المصغرة.



كلمات أساسية

- **القياسية:** هي معلومات تأتي في شكل كميات مادية بشكل مستمر مثل التيار الكهربي ووحدات الديسيبيل.
- **الرقمية:** هي معلومات تأتي على شكل أرقام ثنائية أو أعداد.
- **عينة:** تؤخذ من مادة أو شيء لاختبار أو قياس صفاته.
- **فرق الجهد:** هو وحدة قياس للقدرة الكهربية الكامنة (ويمكن تصوره على أنه الضغط الذي يبذله التيار الكهربي عند تحركه في الأسلاك).

الموجات فوق الصوتية والموجات تحت الصوتية

الأصوات التي لها ترددات أعلى من مدى القدرة السمعية للإنسان تعرف باسم (فوق الصوتية)، ومثل تلك الأصوات تقع في مدى من ٢٠,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ هز أو أكثر. والموجات فوق الصوتية لا تنتقل إلى مسافات بعيدة؛ لأن طول الموجات قصير إلى أبعد حد ممكن، وبه قدر ضئيل من الطاقة؛ ولهذا فإن الجدران والسجاد، مثلاً يمتصانها بسرعة. ولهذا السبب فقط نجد كثيرًا من الحيوانات صغيرة الحجم تستفيد من الموجات فوق الصوتية، ذلك أن الموجات الصوتية التي يطلقونها لا تنتقل بعيدًا؛ ولذا فإن فرصة سماع أعدائهم لهم تبدو أقل كثيرًا من المتوقع. وعلى سبيل المثال، تستطيع الفئران أن تعيش تحت ألواح الخشب التي تغطي أرضيات البيوت وأن تتحدث فيما بينها دون أن تسمعها القطط.

مكان صدى الصوت

إحدى الوسائل الفعالة لاكتشاف موقع جسم ما أن نطلق إشارة ثم نلتقط صدى موجتها الصوتية الذي يرتد راجعًا من الجسم، يمكن قياس الوقت الفاصل بين انطلاق الإشارة واستقبال الصدى، كي يمكن حساب بُعد مسافة الجسم عنا.

يمكن إحداث الصدى في الجبال، والشوارع وحتى في المباني الكبرى. وفي الحقيقة يمكن إحداثه في أي مكان أينما وجد سطح يعكس الموجات الصوتية. صفق بيديك ثم عُدّ الثواني الفاصلة بين التصفيقة وسماع صداها. وحيث إن الصوت ينتقل في الهواء بسرعة ٣٤٠م/ث، فيمكنك ضرب عدد الثواني × ٣٤٠ ثم القسمة على ٢ (لأن الصوت انتقل جيئة وذهابًا). والعدد الناتج سيعطيك المسافة بينك وبين الحائط أو سفح الجبل، أي المسافة بين مصدر الصوت وصداه. وتعرف هذه العملية بتحديد مسافة وبعد الصدى، ولذلك تطبيقاته المفيدة في الحياة الطبيعية وفي الأشياء التي صنعها الإنسان.

يستفيد الناس من صدى الصوت في الاتصال ببعضهم بين الوديان في المناطق الجبلية.



إن الخفافيش ثدييات ليلية، وحيث إنها تطير ليلاً فهي لا تستطيع استخدام عينيها. ونتيجة لذلك عوض الله كثيرًا من الخفافيش نبضات فوق صوتية تستخدم الصدى العائد من هذه النبضات كمحدد طبيعي لموقع الفريسة، وهناك جهاز خاص يمكنه تحويل النبضات فوق الصوتية إلى أصوات يمكن سماعها. تطلق الخفافيش سلسلة من القرقعات، تستمر كل منها ١٠-٢٠م/ث (١٠-٢٠/ثانية)، بمعدل خمس قرقعات أو أكثر في الثانية الواحدة.

وهي تصدر أو تسقط حزمةً صوتية مركزة أمامها، ولها أذنان كبيرتان لاستقبال الصوت المنعكس، عندما يقترب الخفاش من جسم يصلح فريسة له، يرتفع عدد القرقعات التي يصدرها إلى ٢٠٠/ث، بينما تنخفض مدة حدوث القرقعة الواحدة إلى ١م ث (١ ث). ومعروف أن الأصوات ذات التردد العالي أفضل في دقة تحديد الاتجاه من الترددات المنخفضة، لأنها تحمل طاقة أقل وتنتشر في مدى أضيق في الهواء. ولهذا تُعد الأصوات ذات التردد العالي جدًا أكثر فائدة في تحديد أماكن الأجسام الصغيرة بدقة، فضلاً عن ذلك، لنضمن انعكاس موجات الصوت فإن الجسم يجب أن يكون أكبر من حجم معين بالنسبة لطول الموجة، لهذا كلما كان طول الموجة أقصر، كلما كان الجسم المراد تقصيه أصغر، وتصديقًا لذلك، فإن الخفاش البني الصغير يمكن أن يطلق موجات فوق صوتية بترددات تصل إلى ١٠٠,٠٠٠ هز، ويكتشف أجسامًا صغيرة بقطر يساوي ٠,٣مم.

تحديد مكان الصدى يمكن كثيرًا من الخفافيش من تتبع وصيد فرائسها ليلاً.

لبعض الفراشات المرقطة القدرة على إعاقة الموجات فوق الصوتية التي تصدرها الخفافيش.

يستطيع الخفاش تتبع الأجسام التي تبعد عنه كثيرًا جدًا وذلك بإصداره أصواتًا أعلى، وفي الحقيقة أن كثيرًا من الخفافيش تصدر أصواتًا قد تكون مساوية في قوتها -إذا أمكن سماعها- لصوت ثقابة تعمل بالهواء المضغوط عند تكسير أحد الصخور، على أي حال؛ ستثقل تلك الأصوات الصاخبة أذني الخفاش الحساستين جدًا، ولذا نجد في أذنه الوسطى عضلة متصلة بعظمة المطرقة (انظر صفحة ١٢)، فعندما يصدر الخفاش إحدى قرقعاته، تقوم هذه العضلة بشد المطرقة للحظة بعيدًا عن مكانها، وهكذا لا تكون متصلة بطبلة الأذن وعليه لا يسمع الخفاش الصوت، ترتخي العضلة كي تعود عظمة المطرقة إلى مكانها ليسمع الخفاش صدى الصوت الذي أحدثه، ولن يكون الصدى عاليًا بنفس قوة الصوت الأصلي؛ ولذا يسمعه الخفاش بأمان.

يمكن لبعض الحشرات أن تلتقط حزم الموجات فوق الصوتية التي يصدرها الخفاش وتستطيع أن تتخذ إجراء لتفادي خطره. ترد هذه الحشرات بأن تقوم فورًا بضم جناحيها والسقوط من السماء في محاولة لتجنب الخفاش. وحتى إن بعض الفراشات المبرقشة قادرة على إعاقة الموجات الصوتية للخفاش بإحداث موجات فوق صوتية خاصة بها لإرباك الخفاش. ويعتقد العلماء الآن أن بعض الفراشات تصدر موجات فوق صوتية تحذيرًا للخطر الذي يأتيها من أعدائها وكأنها تقول لهم إنها كريهة عند الأكل.



تصدر بعض الخفافيش موجات فوق صوتية لها ذلك التردد العالي الذي تستطيع به تفادي وجود سلك لا يزيد سُمكه عن سُمك شعرة الإنسان في طريقها.

أيضًا؛ تستطيع بعض الخفافيش أن تحسب سرعة واتجاه انطلاق فريستها بقياس التغيرات في ترددات الموجات الصوتية للصدى. وهذه الخفافيش تستخدم نظرية دوبلر (انظر صفحة ٨) لتساعدها في تحديد وتتبع فريستها.

تجربة

قياس وقت رجع الصدى

في هذه التجربة ستقوم بحساب سرعة الصوت مستخدمًا الصدى الذي يرتد من الحائط. ستحتاج إلى ساعة إيقاف، مطرقة وقالب من الخشب القاسي.

١- ابحث عن جدار كبير مبني من الخرسانة أو الطوب. قف بعيدًا عن الجدار قدر ما تستطيع. ويكون وضعًا مثاليًا لو وقفت على بعد ٥٠م.

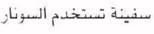
٢- جرب طريقة عمل التجربة بالضرب على قالب الخشب مرة واحدة، ثم حاول الاستماع إلى الصدى. يصعب أن تضبط زمن رجوع صدى واحد بدقة؛ ولهذا من الأفضل أن تجرب قياس الوقت المستغرق لرجوع أصداء الأصوات الحادثة على بعد عشرة أمتار أو أكثر أولاً. وهنا ستحتاج لتوقيت الضربات التي تحدثها على الخشب؛ ولهذا ستقوم بالضرب على قالب الخشب فقط عندما يصلك صدى الضربة السابقة. وقد تحتاج لأن تفعل ذلك بضع مرات، وإذا شعرت أن عشر مرات ما تزال سريعة لضبط الوقت حاول عشرين مرة.

٣- شغل ساعة الإيقاف عندما تبدأ الضرب على قالب الخشب للمرة الأولى وأوقفها بعد المرة العاشرة ورجوع صدى آخر ضربة. اقسم الوقت المستغرق على ١٠ لحساب الوقت المستغرق للصدى الواحد، وإذا ما ضربت قالب الخشب عشرين مرة فعليك أن تقسم على ٢٠ وهكذا دواليك.

٤- لحساب سرعة الصوت، ستحتاج أن تقيس المسافة بين مكانك والجدار جيئة وذهابًا. عندئذ اقسم المسافة على الوقت المستغرق في رجع الصدى الواحد. فمثلاً: إذا كانت المسافة بينك وبين الجدار ١٠٠ م، والوقت المستغرق لرجع الصدى الواحد هو ٠,٣٥ ث، إذن اقسم ١٠٠ ÷ ٠,٣٥، قارن إجاباتك بسرعة الصوت في الهواء، وهي ٣٤٠م/ث. إلى أي مدى كانت إجابتك قريبة من ذلك؟ هل تستطيع التفكير في أي وسائل لتطوير تصميم هذه التجربة؟

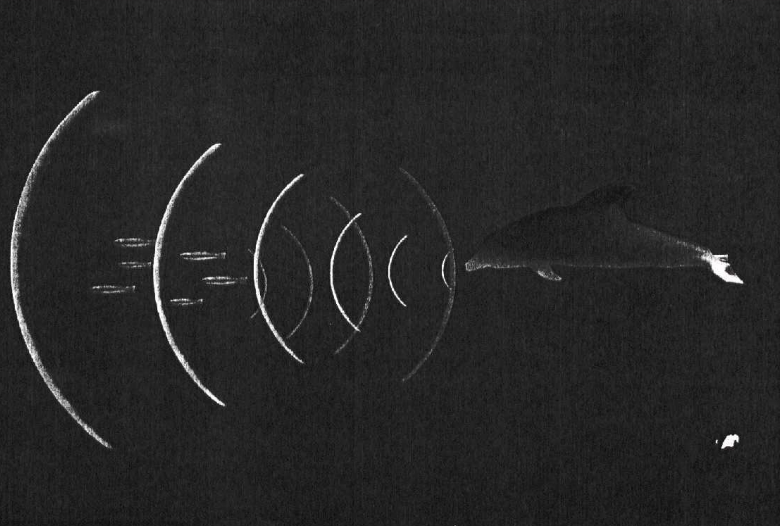
السونار

توفر وسائل تحديد الصدى التي صنعها الإنسان الموجودة على السفن للطاقم إمكانية حساب عمق مياه البحر، أو إذا كان هناك جسم في الماء، مثل قطيع من الأسماك أو حطام سفينة. وتستخدم لذلك الغرض آلة تسمى (محول الطاقة) لبعث الموجات الصوتية، وذلك المحول هو نوع من الدمج لمكبر صوت تحت الماء ولاقط (انظر صفحة ١٥)، ذلك أنه يحول النبضات الكهربائية إلى موجات ضغط يوجهها ذلك المحول باتجاه قاع البحر، الأصداء الراجعة إلى المحول تحول ثانية إلى إشارات كهربية ذات قوى متغيرة تظهر على شاشة فيديو. ويستطيع جهاز تحديد الصدى أن يكتشف المواد الصلبة في قاع البحر ومن ثم يدلنا على عمق الماء تحت قاع السفينة، وكلمة سونار SONAR هي اختصار للحروف الأولى من تحديد مدى ومكان الصوت وانعكاسه على جسم ما في الماء Sound Nawigatia & Ranging. وهو شبيه بجهاز تحديد صدى الصوت، إلا أنه يستخدم محولاً للطاقة، أو سلسلة من محولات الطاقة، التي توفر معلومات عن اتجاه السفن. وهو أكثر دقة في تحديد أماكن الأشياء تحت الماء إذ إنه يصدر حزمة أو أكثر من الأصوات غير المتباعدة متخذة شكل القمع. وهناك نوعان من السونار يسميان (السونار الإيجابي) و(السونار السلبي)، وهما يستخدمان معًا في سفن الملاحة لاكتشاف مواقع الغواصات والسفن التي على سطح الماء. يصدر السونار الإيجابي سيلاً من النبضات عالية التردد التي تنعكس من على جسم الموقع، كأن يكون غواصة مثلاً.


سفينة تستخدم السونار



إن سونار الدلفين حساس جداً لدرجة أنه يستطيع اكتشاف سمكة مختفية ترقد تحت طبقة من الرمال في قاع البحر.



تستفيد كل من الدلافين (يمينًا) والسفن الملاحية (الصورة المقابلة أسفل) من السونار في اكتشاف الأجسام تحت الماء مثل قطعان الأسماك أو الغواصات.



يستخدم طائر الكهوف السونار الإيجابي للطيران في الكهوف المظلمة والكبيرة التي تتخذ منها أعشاشًا في جنوب شرق آسيا.

تُعد قياسات زوايا رجع الصدى، والوقت المستغرق في الرجوع وأي تغيير يحدث في الصوت حسب نظرية دوبلر (راجع صفحة ٨) من الأمور التي تمكن قائد السفينة ومركز القيادة في تحديد موقع الهدف ومساره وسرعته. على أي حال؛ يمكن للغواصة في أعماق المحيط أن تكتشف مكان السفينة التي أرسلت السونار؛ لذا إذا رغب قائد السفينة أن يظل مكانه سرًا، فما عليه إلا أن يستخدم السونار السلبي. وهذا الأسلوب يستخدم اللواقط فقط (راجع ص١٥)، ليتنصت إلى الضوضاء التي تحدثها الآلات والرفاصات (المحركات) كي يحدد ويتعرف على الهدف. وغالبًا ما تلقى هذه اللواقط مئات الأمتار خلف جسم السفينة حتى تجنبها الضوضاء الصادرة من السفينة نفسها. يستمع عاملو السونار إلى مجموعات التردد نفسها التي تستخدمها الحيتان في الاتصال فيما بينها (انظر صفحتي ٢١-٢٢)، ولذا يجب أن يكون هؤلاء العمال مهرة في التمييز بين أصوات الحيتان وأصوات السفن.

ومدى السونار النموذجي يصل إلى ما يقارب أربعة آلاف إلى ستة آلاف متر.

ثمة شكل من أشكال السونار الإيجابي يستخدم بشكل جيد في عالمنا الطبيعي. فالحوت، والدلفين، والزبابة (حيوان من آكلات الحشرات يشبه الفأر)، وبعض الطيور مثل ساكنات الكهوف تستخدم هذا الشكل من السونار. وتستخدم الحيتان والدلافين هذا الأسلوب في المياه المظلمة. وهذا يساعدها في تجنب الارتطام بالعوائق التي تحت الماء أو الارتطام بحيوانات أخرى، كما يساعدها في اصطياد طعامها. تستطيع الدلافين إحداث قرقعات سونارية بدفع الهواء عبر ممرات خاصة وتجويفات في رأسها. ويتم تكثيف هذه القرقعات في حزمة واحدة بمعرفة عضو بيضاوي الشكل مليء بالدهون هو النتوء المميز الذي يعلو جبهة الدولفين.



أحس علماء الأحياء وهم يسبحون مع الحيتان القاتلة موجات السونار المنبعثة من تلك الحيتان فعلاً وكأنها طلقات رصاص يدخل أجسامهم عندما حاولت تلك الحيتان تمييز هؤلاء العلماء عن فريستها المفضلة، وهي حيوان الفقمة البحري.

الموجات فوق الصوتية والطب

للموجات فوق الصوتية استخدامات كثيرة في حياة الإنسان، خاصة في الطب. واحد من الاستخدامات الشائعة للأشعة فوق الصوتية موجود في المستشفيات، حيث نستطيع من خلاله الحصول على صور للجنين الذي لم يولد بعد وهو في الرحم. ذلك أنه يتم مسح جسم الجنين الذي لم يولد بأشعة فوق صوتية مكثفة جدًا وترددها، أيضًا، عال جدًا. يتولد الصوت من بلورة في داخل الماسح الضوئي تهتز بسرعة إلى أبعد حد ممكن، مولدة بذلك نبضات قصيرة من الأصوات التي تنتقل إلى رحم الأم والجنين نفسه. ويصدر صدى عندما تتغير سرعة موجة الصوت، كأن تنتقل موجة الصوت من نوع نسيج في جسم الجنين إلى نوع نسيج آخر، وربما من عضلة إلى عظمة مثلاً. ويتتبع لاقطٌ هذه الأصداء، ويتم تضخيمها ثم عرضها على شاشة، يتم مسح زاوية الشعاع جيئة وذهابًا آليًا، وبينما يقوم الشعاع بالمسح الضوئي للأمام وللخلف، تتكون صورة للجنين على الشاشة، وعلى الرغم من أن بعضاً من الخبرة مطلوب لمعرفة ما تظهره الصور الضوئية، إلا أنها تفصيلية بقدر كاف يسمح للطبيب أن يضع يده على أي أشياء غير طبيعية للجنين أو أمه. والأطباء الاختصاصيون يستطيعون حتى أن يجروا عمليات جراحية على الأجنة وهم في بطون أمهاتهم، مستخدمين الصور فوق الصوتية لترشدهم أثناء إجراء عملياتهم.

يمكن استخدام اهتزازات فوق صوتية أقوى لتفتيت الترسبات الصلبة غير المرغوب فيها في جسم الإنسان، ومثال ذلك حصوات الكلى، هذه الحصوات صلبة جدًا، ويمكن أن تسبب ألمًا لا يستهان به، وقد اعتدنا أن يتم استخراج تلك الحصوات بعمليات جراحية. أما اليوم فإن الطبيب يستخدم مسدس أشعة فوق صوتية، يصدر المسدس المستخدم زخات قصيرة من اهتزازات ذات تردد عال جدًا تجعل الحصوات تحدث رنينًا. ينتج عن استقبال حصوات الكلية للطاقة الصوتية الواصلة إليها (راجع صفحتي ٩-١٠) تفتت تلك الحصوات إلى قطع صغيرة.

ب لماذا يعتبر الطبيب أنه من الأفضل له تفتيت حصوة الكلى بالأشعة فوق الصوتية بدلاً من إجراء عملية جراحية؟



يتم تصوير النساء الحوامل بأشعة فوق صوتية مكثفة (يتراوح ترددها ما بين مليون و ٢٠ مليون هز).

يستخدم الأطباء صور الأشعة فوق الصوتية ليختبروا ما إذا كان الجنين ينمو بشكل طبيعي أم لا.

الموجات تحت الصوتية

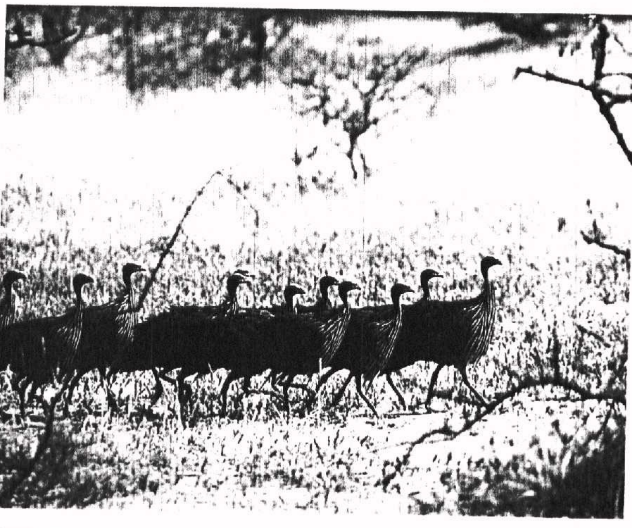
تحت الصوتية هو المصطلح الذي يطلق على الأصوات ذات الترددات المنخفضة جدًا التي تكون دون مدى السمع عند الإنسان. بعض الطيور يمكن أن تكتشف أصواتًا بترددات منخفضة حتى ٠,١ هز، التي تكون بواقع موجة صوتية واحدة كل عشر ثواني. يعتقد العلماء اليوم أن طيورًا كثيرة، خصوصًا تلك التي تهاجر لآلاف الكيلومترات، قادرة على اكتشاف الموجات تحت الصوتية واستخدامها عند تنقلها من بلد إلى آخر. وعلى سبيل المثال، تستطيع طيور الخطاف (السنونو: وهو طائر طويل الجناحين مشقوق الذيل)، واللقلق (طائر طويل الساقين والعنق والمنقار)، والأوز العراقي الضخم، أن تكتشف الموجات تحت الصوتية، معروف أن الجبال، والصحارى، والمحيطات والأنهار لها أنماط صوت مميزة بإمكان الطيور أن تميزها وتتعرف على هويتها.

وللطقس أيضًا أنماطه تحت الصوتية، فمثلاً: العاصفة الرعدية التي على وشك الحدوث لا تحدث صنعة برق فقط (انظر صفحة ٧)، ولكن أيضًا نمطًا من الموجات تحت الصوتية، ويمكن اكتشاف هذه الأنماط على بعد المئات من الكيلومترات من موقع العاصفة الرعدية الفعلي، بعض الطيور، مثل الغرغر (الدجاج الحبشي)، يبدو أنها تستطيع التنبؤ بأحوال الطقس ومن ثم تغير سلوكها طبقًا لذلك، هذه الطيور عادة ما تعيش في جماعات، إلا أنها فقط قبل سقوط المطر بقليل تتفرق وتنشئ مواطن لمعيشتها، ورغم أن الأمطار لا تسقط إطلاقًا في اليوم نفسه من كل عام، نجد أن هذه الطيور تتخذ مواطنها بنجاح قبل يوم واحد فقط أو أكثر من سقوط الأمطار، ويعتقد الآن أنها تستطيع أن تكتشف الموجات تحت الصوتية للعواصف الممطرة وشيكة الوقوع.



ب

كيف يكون سلوك الطيور وبعض الحيوانات الأخرى في أغلب الأحيان تحذيرًا للناس بأن زلزالاً على وشك الحدوث؟



يعتقد أن الطيور المهاجرة قد ترسم خريطة تحت صوتية لطريق ما، تمامًا كما نستخدم خريطة لطريق، أو ذكريات لمناظر شاهدناها.



يكتشف الغرغر (الدجاج الحبشي)، الذي يستوطن إفريقيا التغيرات الجوية وذلك باستشعار أنماط من الموجات تحت الصوتية.

كلمات أساسية

- **الصدى:** هو صوت منعكس.
- **تحت الصوتية:** هي أصوات تقع بترددات منخفضة جدًا، عادة ما بين ٠,١ هز، ١٠ هز.
- **السونار:** هي طريقة لتحديد مواقع الأجسام تحت الماء بانعكاس الموجات الصوتية.
- **فوق الصوتية:** هي الأصوات ذات الترددات العالية جدًا، وهي عادة ما تقع بين ٢٠,٠٠٠ و ١٠٠,٠٠٠ هز.

المستقبل

سيكون اهتمام الكثير من تقنية الصوت في المستقبل منصبًا على جوانب تطوير إحداث الصوت، والأهم من ذلك التحكم فيه، وكثير من هذه الأساليب ما تزال في طور نشأتها الأولى، لأنه فقط في السنوات الأخيرة استطاعت الحاسبات أن تصبح قادرة على حساب سلوكيات الموجات الصوتية بدقة في فراغ معقد ثلاثي الأبعاد.

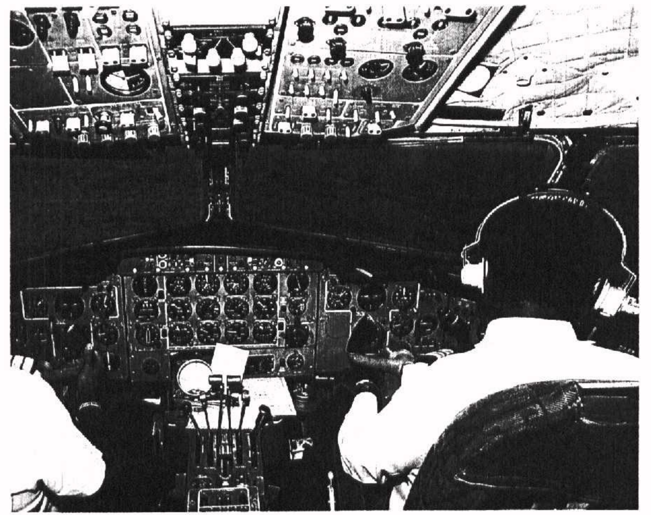
وتعتبر تقنية التخلص من الضوضاء مهمة بصفة خاصة كتقنية جديدة؛ لأنها توفر إمكانية التخلص من الضوضاء غير المرغوب فيها. ويعتمد هذا الأسلوب على اكتشافها وعندئذ توليد صورة مطابقة كأنها مرآة، لشكل موجة الضوضاء بسرعة فائقة جدًا، وبما أن كل موجة صوتية لها قاع وقمة، فإنه إذا تقاطع قاع موجة مع قمة موجة أخرى من نفس التردد بالضبط ونفس الذروة، فإن الموجات سيلغي بعضها بعضًا. ويتم تكبير إشارة الصورة المرآة التي تعرف فنيًا بأنها تقع ١٨٠° بعيدًا عن الأصوات المرغوب فيها. إلى مستوى موجة الضوضاء نفسه، وبعدها تلغي كل إشارة الأخرى، وبذا يتم تخفيض نسبة الضوضاء.

وتصميم نظام التخلص من الضوضاء (أو مضاد الضوضاء) بسيط إلى حد ما. حيث تقوم شاشة للصوت بتحديد تردد وارتفاع الصوت، وتقوم بإدخاله إلى معالج يقوم بإحداث إشارة معاكسة تمامًا (الصورة المرآة).

يتم تضخيم الصورة المرآة ثم إرسالها إلى مكبر الصوت. هناك لاقط يختبر باستمرار أداء وحدة المقاومة للضوضاء ويدخل التعديلات أينما كانت ضرورية.

تواجه الحفلات التي تعقد في الأماكن المفتوحة مشكلات من نوع خاص لأن الصوت لا ينتقل بشكل جيد في الهواء (انظر صفحة ٦٠). ورغم أنه يتم تضخيم الأصوات، فإنها تفقد نوعيتها. يميل صوت المتحدث لأن يكون ضعيفًا ومنبسطًا إذا ما تكلم في الأماكن المفتوحة؛ ذلك لأن الترددات العالية والمنخفضة تميل لأن تتشتت أسرع من الأصوات ذات المدى متوسط التردد. فكلما بعد شخص أكثر من خشبة المسرح، كلما كان سماعه للترددات العالية والمنخفضة أقل. زيادة على ذلك، فإن الارتدادات التي تأتي من انعكاس الصوت على جدران القاعة تغيب تمامًا، مما يساهم في إنقاص نوعية الصوت. على أي حال؛ يجب أن تساهم التطورات الجديدة بشكل مفيد في ترقية نوعية صوت الحفلات الخارجية مستقبلاً.

تم تركيب نظم القضاء على الضوضاء في سماعات آذن ملاحي الطائرات للتخلص من الضوضاء التي قد تسبب التوتر أو أضرارًا للسمع.



تُجرى أبحاث على أسلوب جديد لمعالجة الإشارات في مركز أميس للبحوث التابع لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا في كاليفورنيا، وقد تساعد هذه الأبحاث حتى في جعل السفر جوًا أكثر أمانًا في القريب العاجل، كما أن لها تطبيقات أخرى ممكنة، وهذا الأسلوب يخص الحاسبات بمعالجة الإشارات ليضمن أن الأصوات تظهر وكأنها تأتي من اتجاهات محددة وبمستويات ضوضاء محددة أيضًا. وهذا ما يعرف باسم علم الصوت الفعلي، حيث يخبر جهاز خاص -يوضع على الرأس- الحاسب عن موقع واتجاه رأس مرتدي ذلك الجهاز بالضبط.

وتبدو الرسائل اللاسلكية التي تأتي من الطائرة إلى مرتدي ذلك الجهاز وكأنها تأتي من جهات ومن أماكن مختلفة بعيدة عنا.

يؤمل أن يصبح لتخفيض الضوضاء غير المرغوب فيها، وتطوير نوعية المواد التي نسمعها -وهي من أوجه التقدم التقني- أثر في استمتاعنا بالتنوع الفني للأصوات في دنيانا.



قد يكون هناك فهم أفضل لعلم الصوت إذا ما أصبحت جودة صوت الحفلات التي تعقد في الأماكن المفتوحة مساوية تمامًا لجودة صوت الحفلات التي تعقد في القاعات المغلقة.

سيكون مراقبو حركة الطيران قادرين في القريب العاجل على استخدام أسلوب (علم الصوت الفعلي) لمراقبة تحركات الطيران.

المسرد

علم الصوت: هو دراسة سلوك الصوت في غرفة أو فراغ معين مثل قاعة حفلات موسيقية.

قمة الذروة: هي ارتفاع ذروة موجة ما متعدية خطاً وهمياً يمر وسط الموجة.

القياسية: هي معلومات تأتي في شكل كميات مادية بشكل مستمر مثل الكهربي ووحدات الديسيبيل.

طبلة التليفون: غشاء رقيق يمكن أن يهتز.

الرقمية: هي معلومات تأتي على شكل أرقام ثنائية أو أعداد.

الأذن: هي عضو السمع في المخلوقات.

الصدى: هو صوت منعكس.

التردد: هو عدد الموجات الصوتية التي تمر بمنطقة معينة في الثانية الواحدة.

الصوت الأساس: هو الإيقاع الأقل انخفاضاً بين النغمات الموسيقية.

الإيقاعات: هي سلسلة من الاهتزازات الجزئية تتحد معاً لتكون نغمة موسيقية.

تحت الصوتية: هي أصوات ذات ترددات منخفضة جداً، تقع ما بين ١. ر. هز. و١٠ هز.

حنجرة: هي العضو المسؤول عن توليد الصوت في الثدييات.

طولي: يتمدد بشكل طولي.

مكبر الصوت: هو جهاز كهروميكانيكي يقوم بتحويل الإشارات الكهربية إلى موجات صوتية.

لاقط الصوت (الميكروفون): هو جهاز يقوم بتحويل الموجات الصوتية إلى إشارات كهربية.

الضوضاء: هي نمط موجات غير معتادة تتكون من ترددات لا تربطها ببعضها أي صلة.

ثماني: مقطوعة مكونة من ثماني نغمات موسيقية.

طبقة الصوت: هو مقياس تردد الصوت، وعلى سبيل المثال فإن الصوت ذا التردد العالي له طبقة صوت عالية.

الرنين: هو حالة تحدث عند اهتزاز جسم بتردد يفوق واحدة من اهتزازاته الطبيعية.

ارتداد الصوت: هو صدى صوت حدث منذ ثوان مضت.

عينة: هو اختبار أو قياس شيء ما.

السونار: هي طريقة لتحديد مواقع الأجسام تحت الماء بانعكاس الموجات الصوتية.

عزل الصوت: هو تقليل عملية نقل الصوت بطريقة اصطناعية.

محول الطاقة: هو شيء قادر على تحويل الطاقة من شكل لآخر.

فوق الصوتية: هي الأصوات ذات الترددات العالية جداً وهي عادة ما تقع بين ٢٠,٠٠٠ و١٠٠,٠٠٠ هز.

الاهتزاز: هو حركة جيئة أو ذهاباً أو تردد.

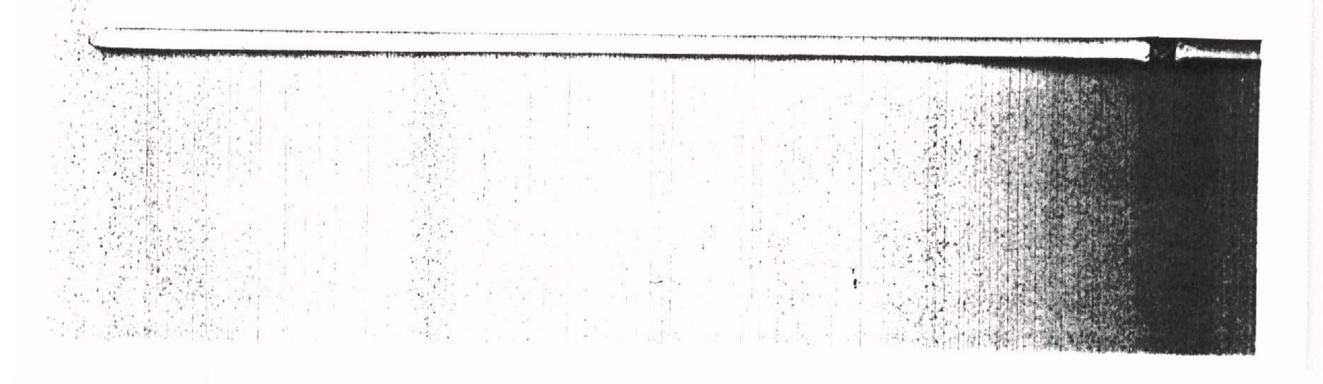
فرق الجهد: هو وحدة قياس للقدرة الكهربية الكامنة ويمكن تصوره على أنه الضغط الذي يبذله التيار الكهربي عند مروره في الأسلاك.

الموجة: هي توتر يحدث في وسط ماء مثل: الهواء أو الماء على فترات منتظمة.

طول الموجة: هي المسافة بين قمم أو نطاقات موجتين متجاورتين.

كلمات مستفادة

علم الصوت ٩، ٢٨، ٣٠-٣٣
ضغط الهواء ٤
مضخم صوت ١٦، ٢٣، ٢٥، ٢٨-٢٩
قمة الذروة ٧، ١١
قياسي ٣٤
خفاش ٤، ٣٦-٣٧
أصوات الطيور ١٩-٢٠
اتصالات ١٨
قرص مدمج ٣٤-٣٥
رقمي ٣٤-٣٥
دوبلر ٨، ٣٧
أذن ١٢- ١٦، ١٧
صدى صوت ٣٠، ٣٦، ٣٨
موقع الصدى ٣٦-٣٧
طاقة ٥، ٩، 15
تردد ٦-١١، ١٨، ٢٠، ٢٣-٢٦، ٢٩، ٣٧
النغمة الأساسية ٩، ٢٤، ٢٧، ٣١
إيقاعات ٢٢-٢٤، ٢٧، ٣١
سمع ١٢-١٥
سماعة ١٦
مدى السمع ١٥
تحت الصوتية ٤١
حنجرة ١٨، ٢٧
مكبر صوت ١٥، ١٦، ١٧، ٢٥، ٢٨
طب ٤٠
بوق ٢٨-٢٩
لاقط صوت (ميكرفون) ٥، ١٥، ١٦، ١٧، ٢٥، ٣٥
آلات موسيقية ٢٣-٢٧
ضجة ٣١-٣٣
القضاء على الضجيج ٤٢
ارتداد الصوت ٣٠
سونار ٢٨-٢٩، ٤١
أسلحة صوتية ٢٧
عازل الصوت ٣٢-٣٣
تسجيل الصوت ٣٤-٣٥
سرعة الصوت ٥، ٦
هاتف ١٦
رعد ٧
فوق الصوتية ٣٦-٤١
طول الموجة ٧، ٩
حوت ٢١-٢٢، ٢٧، ٣١، ٣٩



سلسلة ألفا العلمية

يهدف هذا الكتاب إلى تنمية مدارك الأطفال وتنمية فهمهم للمبادئ الأساسية للصوت وذلك من خلال دراسة علمية متكاملة، يكشف من خلالها عن العديد من الروابط المذهلة بين ما أبدع خلقه وصنعه الله عز وجل، وبين ما وفق الله الإنسان من أعمال لإعمار هذه الأرض، وهو يشتمل على تجارب بسيطة مما يُمتع القراء بحقائق مدهشة طرحت التطورات العلمية التي تحققت وكذلك المتوقعة مستقبلاً.

كما يتيح الكتاب للقراء التعرف على الصوت، من حيث منبعه، وطريقة انتقاله وكيفية استقباله، وطرق استخدامه في حياة الناس والحيوانات. وقد تضمن الكتاب من الموضوعات ما يتعلق بآلات الصوت وجهاز السونار والآذان وتحديد الأماكن بصدى الصوت.

عناوين السلسلة هي:

- الصحاري.
- الغذاء للعالم.
- الأنهار والبرك والبحيرات.
- المدن الصغيرة والمدن الكبيرة.
- الأعاصير والعواصف.
- التلوث.
- الغابات المطيرة.
- الطاقة المتجددة.
- البحار والمحيطات.
- النقل.
- الحرائق والفيضانات.
- الزلازل والبراكين.
- الحركة.
- المواد.
- القوة المحركة.
- الضوء.
- الماء.
- استخدام الصوت.
- الأبنية.
- التقنية والأداء.

ردمك: ٩٩٦٠-٤٠-٢١٤-٢

